LES ANTENNES LEVY CLÉS EN MAIN

par Pierre VILLEMAGNE - F9HJ

Mathématicien et chercheur, l'auteur, F9HJ, étudie les antennes depuis de longues années et les a vulgarisées dans plusieurs revues et livres techniques.
On lui doit notamment la mise au point de boites d'accord et de coupleurs, la banalisation des dimensions de la Levy, ainsi que la promotion, sur les bandes décamétriques, des boucles horizontales comme la Delta-Loop.

Dans ce livre, F9HJ, conserve la même pédagogie dans laquelle la théorie cède la place à un exposé simple qui s'appuie constamment sur un exemple pratique à la portée de tous.
Le but poursuivi par l'auteur est de mieux faire connaître, de démystifier cette multibande remarquable qu'est la Lévy, et d'apporter son soutien au lecteur, pour sa construction.

ÉDITIONS SPIRALES

185 F TTC

F9HJ

LES ANTENNES LEVY CLES EN MAIN P. VILLEMAGNE

SPIRALES

LES MEMENTOS SPIRALES

P. VILLEMAGNE
F9HJ

LES ANTENNES LÉVY

CLÉS EN MAIN

La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3, de l'article 41, d'une part, que "les copies ou reproduction strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective" et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, "toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite" (alinéa premier de l'article 40)

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

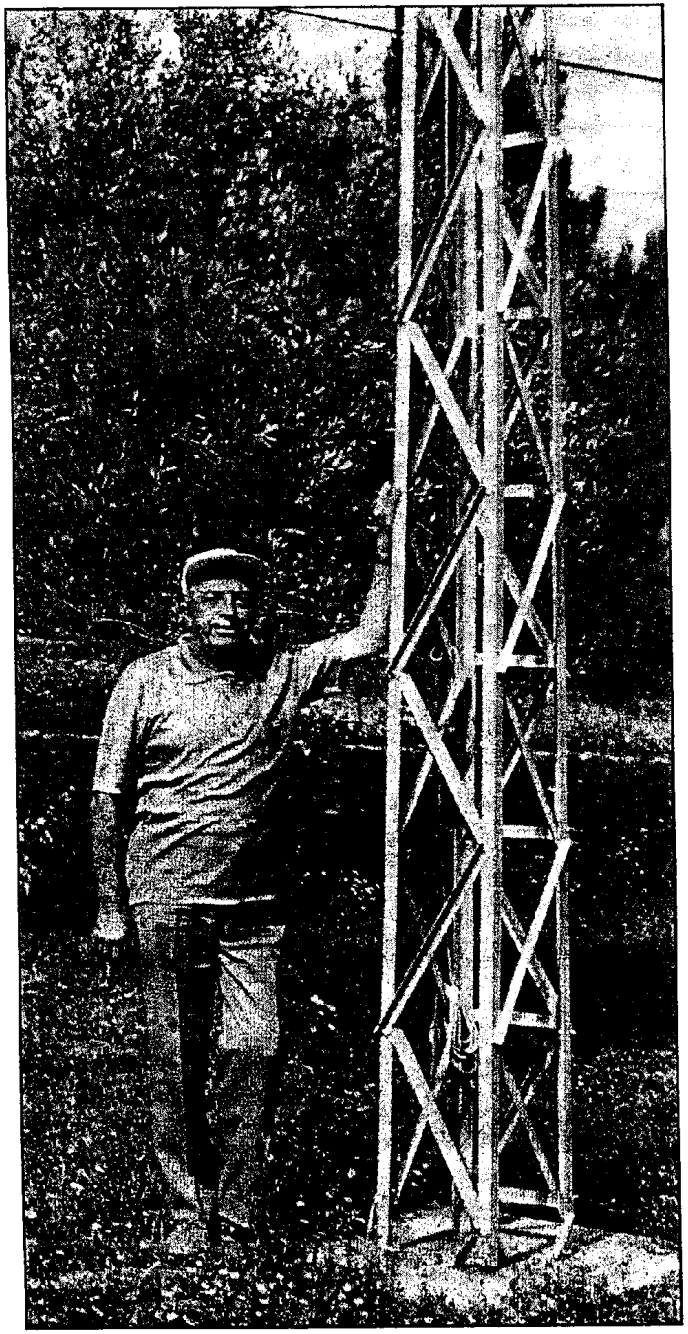
© SPIRALES EDITIONS 1993
ISBN 2-909556-02-6

LES MEMENTOS SPIRALES

P. VILLEMAGNE
F9HJ

LES ANTENNES LEVY

CLÉS EN MAIN



F9HJ
Pierre
VILLEMAGNE

AVANT - PROPOS

L'antenne Lévy est, avec le Long-Fil, le seul dipôle à pouvoir couvrir toute l'étendue des ondes décamétriques, et même celle des ondes métriques, à condition que sa ligne soit un twin-lead étroit.

Comme elle résonne en **vibration forcée**, elle est accordable sur n'importe quelle fréquence.

Malheureusement, sa polarisation et sa hauteur au-dessus du sol la rendent inefficace sur les ondes hectométriques, mais la faute incombe aux propriétés de celles-ci, et non à la Lévy !

Face aux incompatibilités électromagnétiques, de plus en plus fréquentes, la Lévy répond par **sa totale symétrie**, par rapport à la terre, et ce, sur chaque bande.

Cet ouvrage est divisé en 8 chapitres.

Chacun se compose d'un exposé **simple**, **accessible à tous**, qui s'appuie sur des **exemples** précis et des **comparaisons** faciles à comprendre. Les données numériques y apparaissent seulement à titre **indicatif**.

Pour cela, les équations et formules **mathématiques** sont regroupées dans le **dernier chapitre**, à l'intention des lecteurs qui veulent les extrapoler à d'autres réalisations ou, plus simplement, en vérifier les résultats.

J'ai recherché, tout au long de la rédaction de ce livre, un **maximum de clarté**.

Je voudrais convaincre le lecteur que l'antenne Lévy n'a rien de mystérieux dans son fonctionnement et que la construction de sa boîte d'accord, trop souvent redoutée, **est à sa portée**.

Puisse la lecture de cet ouvrage faire entrer, dans les QRA, quelques échelles ou twin-lead nouveaux !

CHAPITRE 1

Quelques notions indispensables

Je demande au lecteur de lire attentivement l'exposé suivant, qui contient les éléments **indispensables** à une bonne et fructueuse compréhension des explications sur le fonctionnement de la Lévy.

Comportement d'une résistance R, d'un condensateur C, d'une self L, face à un courant alternatif.

Les trois composants ci-dessus sont supposés **purs**, c'est-à-dire que :

- la résistance n'a **pas de réactance**. Elle n'est pas bobinée; l'inductance des deux fils qui la terminent est nulle,

- le condensateur a un angle de pertes **nul**, soit **aucune résistance de fuite** entre ses armatures (résistance fictive, supposée en parallèle), ni **aucune résistance de pertes** (résistance correspondant à l'effet Joule, supposée en série),

- la self est **sans résistances ohmique et pelliculaire** quant à son fil de bobinage. La capacité répartie (ou parasite), d'une spire à l'autre, est également **nulle**.

Dans la réalité, ces 3 composants ne peuvent exister, mais cette conception idéale de chacun d'eux est indispensable pour des explications simples de leurs comportements réciproques.

Aucun de ces trois éléments " n'aime être traversé " par un courant alternatif. Mais leurs façons de s'y opposer sont différentes. Nous allons les observer.

La tension à vide d'un courant alternatif varie constamment entre 2 tensions extrêmes appelées tensions-crête. Par exemple, le secteur EDF de 220 volts efficaces (ou RMS), voit cette tension instantanée varier de +311 à -311 volts, entre les deux bornes d'une prise de courant, en un centième de seconde.

1)- Comportement de la résistance R

Si la charge d'un générateur alternatif est une **résistance pure** R, elle va dégrader l'électricité en la transformant en chaleur. Une intensité I va la traverser, qui va rester proportionnelle à la tension U, comme l'indique la loi d'Ohm.

Sur l'écran d'un oscilloscope bi-courbe, les crêtes positives ou négatives, de U et de I, se présentent sur leur courbe respective, **au même instant**.

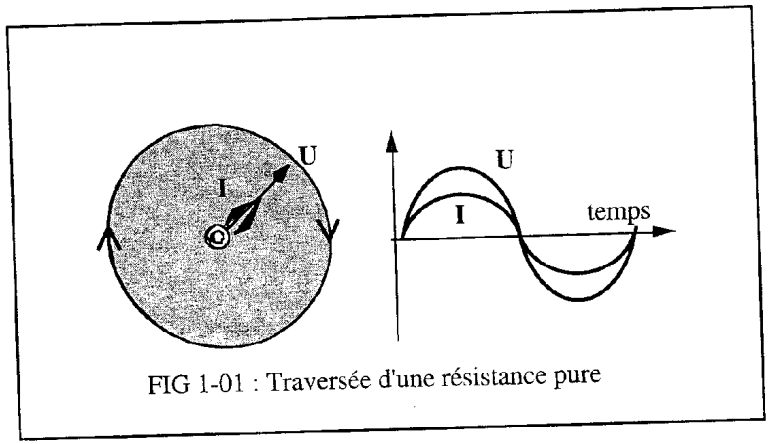


FIG 1-01 : Traversée d'une résistance pure

La **figure 1-01** illustre cette situation par analogie avec les deux aiguilles d'une montre, celle des minutes pour la tension instantanée U, celle des heures pour l'intensité instantanée I.

Ces deux aiguilles effectuent un tour complet, soit 360°, (ou 2 π radians), en **1 période**.

Elles demeurent constamment **l'une sur l'autre**, leurs longueurs variant proportionnellement, **de zéro au maximum de la crête**.

A côté, l'oscillogramme montre les 2 sinusoïdes, celle décrite par l'intensité I et celle par la tension U, avec leurs crêtes qui ont lieu **instantanément**, ce qui les fait résider sur des segments **verticaux**, perpendiculaires à l'axe horizontal qui repère le temps.

2)- Comportement de la capacité pure C

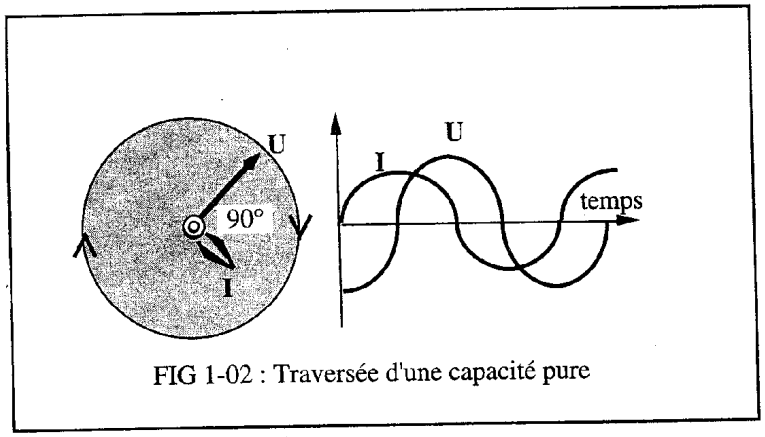


FIG 1-02 : Traversée d'une capacité pure

Elle va s'opposer au courant alternatif, **sans dégager de chaleur**.

Elle réagit, en décalant dans le temps, le passage de l'intensité, de 90° par rapport à celui de la tension (**Figure n° 1-02**).

Les aiguilles du cadran font un angle droit. La crête de tension est retardée, dans le temps, de 90°, soit d'un quart de période.

Au maximum d'intensité, la tension est nulle. Au maximum de tension, l'intensité est nulle, si bien qu'il est impossible de transférer de l'énergie électrique.

Les électriciens disent qu'il s'agit d'une puissance **déwattée** ("réactive" serait un meilleur adjectif, techniquement parlant).

Cette propriété est appelée **réactance**, puisqu'elle est due à une **réaction** du condensateur. Les mots " réagir, réaction, réactif et réactance " appartiennent à une même famille, dans le vocabulaire.

La **réactance** se mesure en **ohms**, mais ceux-ci ne produisent pas de chaleur. Ils sont totalement différents de ceux mesurés dans une résistance. Ce sont des **ohms réactifs**.

Sur le plan mathématique, ils appartiennent à l'ensemble des nombres **complexes** (appelés, jadis, **imaginaires**). Ces nombres complexes, qui mesurent des réactances ne doivent pas être confondus avec les nombres **réels**, mieux connus, qui servent à mesurer les résistances.

Pour éviter toute confusion entre les ohms réactifs et les ohms résistifs, on les fait précéder de **l'indicateur " j "**.

Conventionnellement, la réactance créée par un **condensateur** a été décrétée **négative**, et son indicateur précédé du signe (-).

45 ohms réactifs dus à une capacité forment une réactance, qui s'écrit et se lit : " **-j 45 Ω** ".

3)- Comportement d'une inductance pure L (Figure n° 1-03)

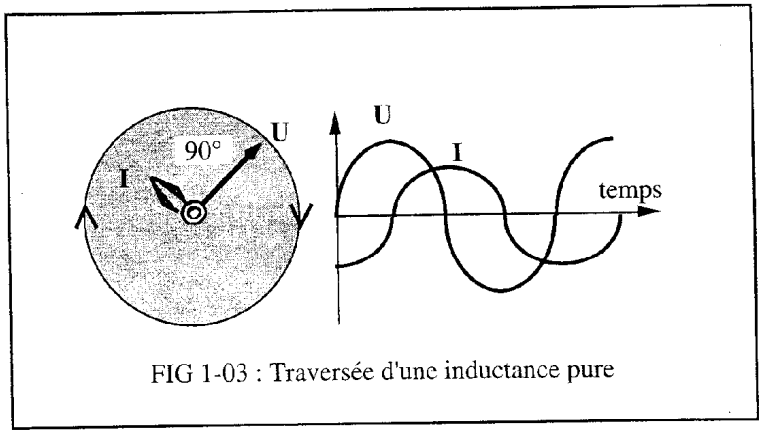


FIG 1-03 : Traversée d'une inductance pure

Les aiguilles du cadran font un angle droit. La crête de tension est avancée, dans le temps, de 90°, soit d'un quart de période.

Au maximum d'intensité, la tension est nulle. Au maximum de tension, l'intensité est nulle, si bien qu'il est impossible, comme précédemment, de transférer de l'énergie électrique.

Conventionnellement, la réactance créée par une **self** a été décrétée **positive**, et son indicateur précédé du signe (+).

60 ohms réactifs dus à une self forment une réactance, qui s'écrit et se lit : " **+j 60 Ω** ".

Le déphasage

Les éléments purs n'existent qu'en théorie, les 90° de décalage, en avance ou en retard, représentent ainsi une limite mathématique.

Ce décalage entre les 2 caractéristiques d'un courant alternatif, tension et intensité, est appelé **déphasage**; il s'exprime en degrés ou en radians.

Pendant une période, on compte 360 degrés ou 2 π radians. Un radian équivaut à un peu moins de 57,3 degrés d'arc.

Notion d'impédance

Définition et écriture

L'association d'une **résistance** pure et d'une **réactance** pure s'appelle une **impédance**.

Dans son écriture, sa valeur résistive précède sa valeur réactive, les deux étant considérées **en série**.

Exemples :

- une résistance de 100 Ω et une self de 2 µH sont en série.
Sur 7 MHz, la réactance de la self est de 88 Ω réactifs.
Elles forment une impédance de :
100 Ω +j 88 Ω

- la même résistance de 100 Ω, et un condensateur de 47 pF, en série (il présente, sur 7 MHz, 484 Ω réactifs) donnent une impédance de :
100 Ω -j 484 Ω

NOTA :

- Les signes (+) ou (-), devant la lettre "j", appartiennent à l'indicateur, et le complètent, comme il a été précisé ci-dessus.
Ce ne sont pas des signes opératoires.

- Il ne peut y avoir de signe opératoire entre les écritures de la résistance et de la réactance. Celui-ci n'aurait aucun sens, puisqu'il s'agit de valeurs appartenant à des ensembles de nombres différents.

Vérification expérimentale

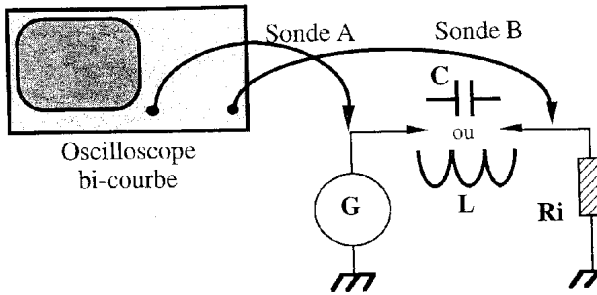


FIG 1-04 : Vérification expérimentale

La **figure n° 1-04** montre le dispositif de visualisation des trois oscillogrammes précédents. Il nécessite l'emploi d'un oscilloscope bi-courbe qui admet deux signaux différents, un sur chaque sonde, mais en trace les courbes avec un balayage commun dans le temps.

La **sonde A** prend la tension **U** aux bornes du générateur G.
Comme on ne peut introduire une intensité I dans un oscilloscope, on utilise une résistance **Ri** de faible valeur, (quelques ohms seulement). Traversée par I, elle va en donner une tension proportionnelle, captée par la **sonde B**.

A défaut de générateur de fonctions, celui-ci peut être simplement le secondaire d'un transformateur d'alimentation, délivrant quelques volts, à la fréquence de 50 hertz.

A cause de cette très basse fréquence, le condensateur C, non chimique, doit avoir alors une capacité d'au moins 1 µF. La self L est un enroulement quelconque, sur un circuit ferro-magnétique (self de filtrage d'un BCL à tubes, enroulement d'un transformateur, etc...).

Représentations de l'impédance d'une antenne (Figure n° 1-05)

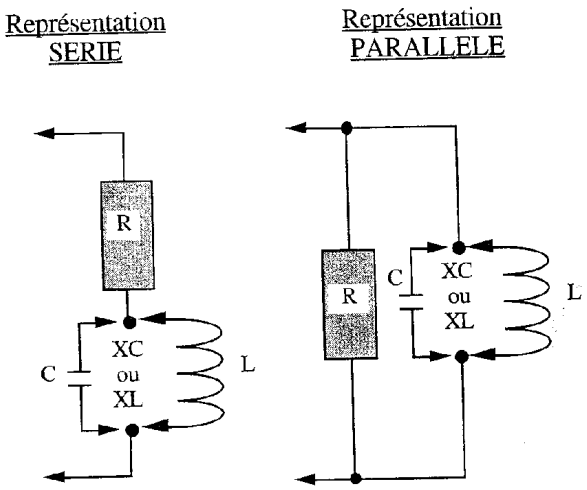


FIG 1-05 : Les 2 représentations de l'impédance d'une antenne

Comme pour n'importe quelle impédance, celle d'une antenne peut être représentée soit **en série**, soit **en parallèle**.

Suivant le rapport des longueurs filaires de l'aérien, vis-à-vis de la longueur d'onde de travail, la réaction peut être capacitive ou inductive. Dans le premier cas, cette réaction est assimilable à un **condensateur fictif C**, ou, dans le second cas, à une **self fictive L**.

C'est l'association **en série** qui détermine l'écriture de l'impédance. Si la résistance R et la réactance (XC ou XL) sont en parallèle, une transformation de leurs valeurs sera nécessaire, afin de retrouver les valeurs qu'elles auraient, si elles étaient en série.

Par exemple :

50 Ω associés *en série* à **+j 100 Ω**,
ont la même impédance que :
250 Ω associés *en parallèle* à **+j 125 Ω**.

Nous reviendrons sur cette transformation qui est à la base d'un type de coupleurs d'antenne.

On voit ici, dans l'exemple ci-dessus, comment les **250 Ω** d'une antenne en résonance pourront être couplés aux **50 Ω** du PA d'un TX, tout en conservant une adaptation parfaite, puisque l'impédance est équivalente.

Ci-dessus ne figurent que des résultats, mais je rappelle, comme il a été signalé dans l'avant-propos, que toutes les formules mathématiques, nécessaires à ces calculs, figurent dans le dernier chapitre de ce livre.

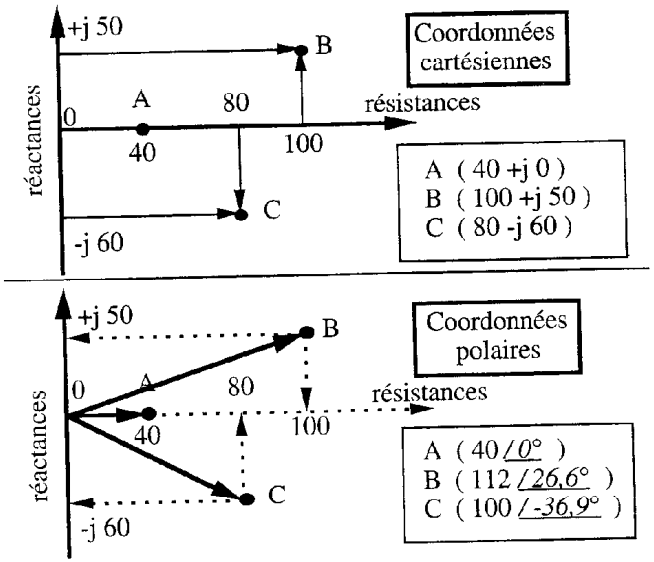


FIG 1-06 : Repérages des coordonnées

Repérages graphiques d'une impédance (Figure n° 1-06)

1)- Le plus connu est celui **en coordonnées cartésiennes**.

Sur un plan, un axe des abscisses, **horizontal**, dirigé de gauche à droite, gradué à partir de 0 , porte les valeurs des **résistances**. Dans une impédance, il n'existe pas de résistances négatives.

Vertical, un axe des ordonnées, dirigé de bas en haut, porte celles des **réactances**. Il a l'origine commune, 0, avec l'axe horizontal.

Les ordonnées, **au-dessous** de l'axe des abscisses, sont ainsi **négatives**. Elles repèrent les **réactances capacitives**, indiquées par **-j**.
Celles, **au-dessus**, sont **positives**. Ce sont celles des **réactances inductives**, indiquées par **+j**.

Si l'impédance ne comporte qu'une partie résistive, le point qui la représente appartient à l'axe des résistances. C'est le cas du point A tel que A (40 +j 0). L'écriture " **+j 0** " désigne une réactance nulle.

Si l'impédance est complexe, elle comprend à la fois une résistance et une réactance, le point est alors situé hors de cet axe.

Tels sont B (100 +j 50) et C (80 -j 60).

Pour placer un point :

- on élève une perpendiculaire à l'axe des résistances, au point indiquant la valeur de cette résistance (100 pour B). Celle-ci est verticale,

- sur l'axe des réactances, on trace une perpendiculaire à partir de la valeur de la réactance donnée (+j 50 pour B), elle est horizontale,

- leur intersection détermine le point-repère de l'impédance B.

Comme les réactances pures **n'existent qu'en théorie**, aucun point ne peut se trouver sur l'axe des réactances.

2)- **En coordonnées polaires**, l'extrémité x du vecteur d'origine 0, indiquée par celle de la flèche, appartient à un cercle dont la première coordonnée exprime le rayon Ox, la seconde coordonnée indique l'angle qu'il fait avec l'axe horizontal. Cette dernière est écrite à l'intérieur du dessin d'un angle.

Par exemple, les coordonnées polaires du point A, du vecteur OA, sont 40 et 0, parce qu'il mesure 40, et fait un angle nul avec l'axe des résistances.

Elles s'écrivent A (40 /_ 0°)

Celles de B sont : (112 /_ 26,6°), car :

- le rayon OB mesure 112,
- l'angle que fait OB avec l'axe horizontal est 26,6°.

- $\overrightarrow{OB}$ aurait une longueur correspondante à 112 Ω, s'il était rabattu et porté sur l'axe des abscisses,

- $\overrightarrow{OB}$ fait un angle de 26,6° avec cet axe, en tournant dans le sens **contraire à celui des aiguilles d'une montre**, sens considéré comme **positif** sur le cercle trigonométrique.

De même, C a pour coordonnées (100 /_ -36,9°)

Le signe (-) devant 36,9 indique que l'angle est mesuré dans le sens négatif, celui des aiguilles d'une montre.

Les coordonnées polaires sont très utiles dans le calcul d'une impédance, à partir des éléments qui composent un réseau en échelle.

Circuits oscillants

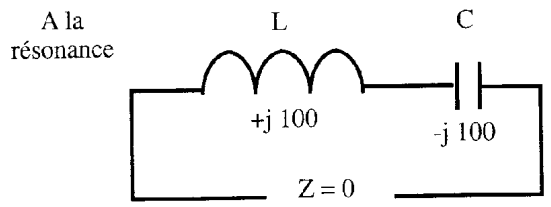


FIG 1-07 : Exemple de circuit oscillant série

Considérons le circuit de la **figure n° 1-07**. Une inductance pure, **L**, est **en série** avec une capacité pure, **C**.

Dans un but de clarté, nous allons prendre un exemple numérique.

Le courant alternatif, qui traverse ce circuit, a pour fréquence F = 3,7MHz.

A cette fréquence, une self de 4,3 µH a une réactance de +j 100 Ω. Un condensateur de 430,15 pF a une réactance de -j 100 Ω.

Par définition, le circuit oscille (ou résonne) sur 3,7 MHz.

Quand les deux éléments réactifs, self et condensateurs sont **en série**, leurs réactances s'additionnent dans l'ensemble des Complexes comme le feraient deux nombres relatifs (ou algébriques), dans l'ensemble des Réels.

$$(+j\,100) + (-j\,100) = +j\,0$$

comme

$$(+100) + (-100) = 0$$

Cette impédance est **nulle**.

Pour un courant de fréquence 3,7 MHz, cette association **en série** se comporte théoriquement comme un **court-circuit**.

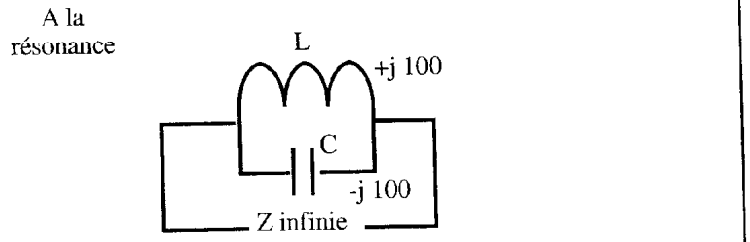


FIG 1-08 : Exemple de circuit oscillant parallèle

Si, au contraire, le condensateur et la self sont **en parallèle (Figure 1-08)**, l'impédance est théoriquement **infinie**.

Sur une antenne, cette association est appelée **circuit-bouchon** pour la fréquence de 3,7 MHz.

On voit que les opérations concernant les associations série ou parallèle des réactances rappellent celles des résistances, mais, bien entendu, les résistances ne peuvent être négatives.

(La résistance négative existe. C'est un nombre complexe utilisé dans les calculs sur la super-réaction, le débit d'un tube néon, etc... Elle n'intervient pas dans le domaine que nous traitons, celui des antennes).

Dans la réalité, on a toujours **une résistance** due à la résistance ohmique et pelliculaire du fil de L, qui s'ajoute à celles **des pertes** à travers C.

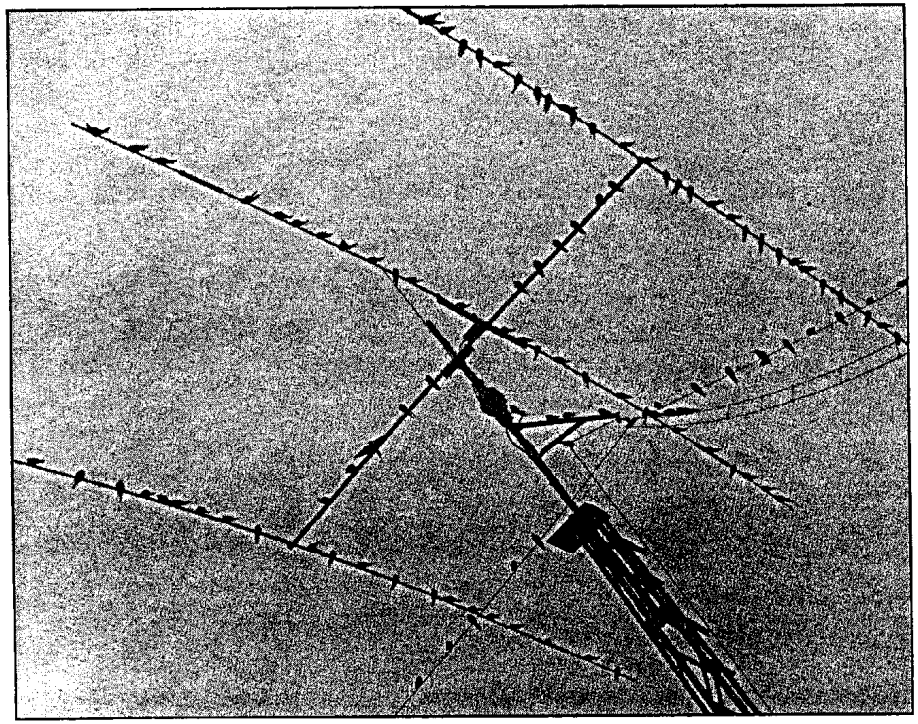
Ainsi, les impédances **nulle** (circuit série) et **infinie** (circuit parallèle) sont **théoriques**. Une impédance Z contient toujours une résistance R, même si celle-ci est minime, dans l'association série. Z s'écrit alors, dans tous les cas :

$$Z = R \pm j\,X$$

Pour distinguer le circuit oscillant série, du circuit oscillant parallèle, on utilisait, jadis, les mots " **résonance**" pour la vibration du premier et "**antirésonance**" pour celle du second.

On ne peut que regretter que le second soit tombé en désuétude.

Nous reprendrons, pour la vibration des antennes, ces deux expressions très commodes, puisqu'elles dispensent d'avoir à préciser la configuration du circuit.



Ne jamais trop charger une antenne

CHAPITRE 2

Définition, description et fonctionnement de la Lévy

Le brin rayonnant

Définitions

Nous appellerons " antenne Lévy ", tout brin rayonnant alimenté **en son milieu** par une **ligne bifilaire**, quelles que soient leurs dimensions respectives.

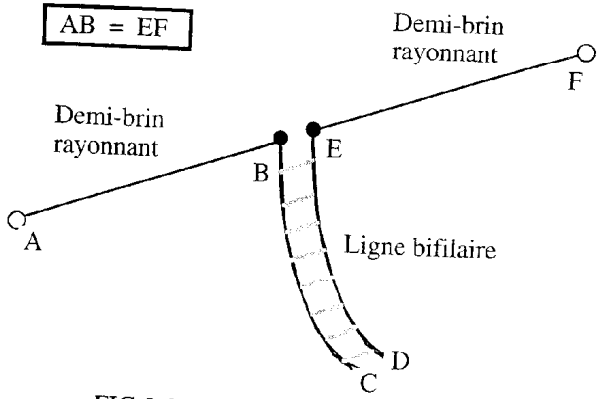


FIG 2-01 : Partie filaire de la Lévy

La **figure n° 2-01** en montre la partie filaire.

IMPORTANT : Les lettres, de A à F, présentes sur ce dessin, seront conservées tout au long de cet ouvrage, aux mêmes emplacements.

Dans les années antérieures, où les bandes étaient uniquement harmoniques, ce type d'aérien s'entendait avec des longueurs de brin bien définies, susceptibles d'une **vibration naturelle** en demi-onde ou multiples de demi-onde.

De même, certaines longueurs de ligne bifilaire étaient conseillées pour faire apparaître à la sortie de la boîte d'accord une impédance facile à transformer.

En effet, le schéma de boîte le plus répandu, publié en France par F3LG, ne permettait que deux alternatives extrêmes :

- la partie filaire (brin + ligne) **en série** avec un circuit oscillant **série**, quand l'impédance à la base de la ligne possédait une faible résistance et nécessitait, pour cette raison, une alimentation **en intensité**,

- la partie filaire **en parallèle** sur un circuit oscillant **parallèle**, quand l'impédance à la base de la ligne avait une résistance élevée et demandait d'être alimentée **en tension**.

Vibration naturelle d'une antenne

La vibration naturelle est une propriété radioélectrique découverte par **Hertz**, qui peut s'énoncer :

" La **réactance** d'un brin rayonnant **s'annule,** lorsque sa longueur est voisine d'**une demi-longueur d'onde** ou d'un de **ses multiples** ".

L'impédance, qu'il présente pour le courant alternatif d'une fréquence correspondant à cette longueur d'onde, est ramenée alors à une **simple résistance** R.

La vibration **naturelle** n'est, en réalité, qu'un **cas particulier** d'une vibration généralisée, par le fait que :

==> **n'importe quel conducteur** entre **en vibration** si un dispositif, placé entre l'émetteur et lui-même, permet d'en annuler la réactance. On qualifie alors de "**forcée**", sa résonance ou antirésonance.

Nous allons étudier la **variation de l'impédance** au centre **d'un doublet** (ou dipôle) d'une **longueur définie** lorsqu'on fait **varier la fréquence** du courant RF qui l'alimente.

Réaction d'un doublet, en fonction de la fréquence du courant d'alimentation

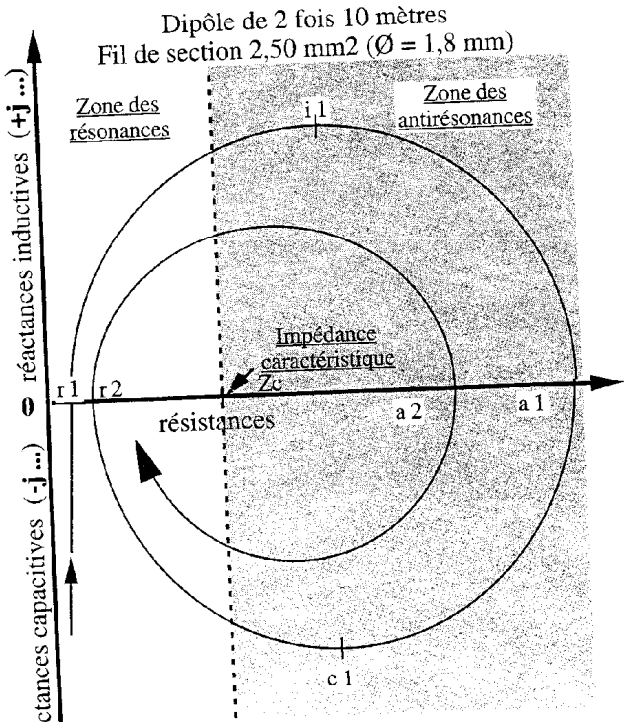
Cet exposé résulte des travaux de King et Middleton, sur un dipôle horizontal, **en espace libre**, c'est-à-dire à une hauteur suffisamment élevée pour que son couplage avec son **image** soit **nul**.

On estime à **au moins 4** λ , cette hauteur. Ce qui fait que, en ondes décamétriques, cette situation ne se produit jamais (au moins des mâts de 40 mètres, sur 28 MHz !).

Si, pour cette raison, les résistances et impédances doivent être revues **à la baisse**, il n'empêche que les résultats de ces deux chercheurs éclairent considérablement le fonctionnement de la Lévy et donnent de précieuses indications sur son comportement à une fréquence quelconque.

Les deux paramètres essentiels du doublet sont sa **longueur** et la **section** de son fil, comparées à λ.
Ces paramètres permettent de définir Ω, le facteur de forme.

Nous supposons, dans l'exemple qui suit, une longueur de **2 fois 10 m**, pour un doublet réalisé avec un fil de section **2,50 mm²** (diamètre d'environ 1,8 mm).



Fréquence	Repère	Résistance	Réactance
7 125 kHz	r1	72 Ω	+j 0
13 230 kHz	i1	2 600 Ω	+j 2 200
14 625 kHz	a1	4 900 Ω	+j 0
14 940 kHz	c1	2 600 Ω	-j 2 500
22 125 kHz	r2	104 Ω	+j 0
28 890 kHz	a2	3 300 Ω	+j 0

FIG 2-02 : Réaction d'un doublet
(en coordonnées cartésiennes)

Observons la **figure n° 2-02**, qui est en coordonnées cartésiennes. Nous retrouvons les deux axes de la figure n° 1-06, celui horizontal des résistances et celui, vertical, des réactances.

La courbe ressemble à une spirale qui tourne dans le sens des aiguilles d'une montre et s'enroule à l'intérieur d'elle-même.

Géométriquement parlant, ce n'en est pas une; mais nous la nommerons tout de même ainsi, pour simplifier.

Elle coupe l'axe des résistances, en r1 et r2, près de 0, à gauche de cet axe.

Elle le coupe également en a1 et a2, loin de 0, sur la droite.

Considérons les différents points, sur cette courbe :

1) - Les points r1, r2, a1, a2 sont placés sur l'axe des résistances, donc leurs réactances sont **nulles** : ils correspondent à des **vibrations naturelles** du doublet.

2) - Si l'on poursuivait le tracé de la spirale, on obtiendrait r3, (avec r3 > r2), puis a3, (avec a3 < a2), et ainsi de suite.

Le dernier tour de la courbe diminuerait constamment de largeur, jusqu'à s'achever au point **Zc**, qui repère **l'impédance caractéristique** du doublet.
Ce point est une limite sur le plan mathématique. Il ne pourrait être atteint que si le dipôle était **infiniment** long.

3) - Les intersections de cette courbe et de l'axe horizontal, **à gauche de Zc** sont celles des **résonances** :
r1 correspond à la résonance **1 demi-onde**
r2, à la résonance **3 demi-ondes**
r3 correspondrait à la résonance **5 demi-ondes**, etc...

4)- Les intersections, **à droite de Zc**, sont celles des **antirésonances** :
a1 correspond à l'antirésonance **2 demi-ondes**
a2, à l'antirésonance **4 demi-ondes**
a3 correspondrait à l'antirésonance **6 demi-ondes**, etc...

5)- Nous voyons que c'est la **résonance 1 demi-onde** (r1), qui a la plus **faible** résistance (72 Ω, en espace libre). La résonance 3 demi-ondes (r2) présente une résistance supérieure (1 centaine d'ohms), et ainsi de suite...

6) - Du côté des antirésonances, on assiste à une hiérarchie inverse. C'est l'**antirésonance 2 demi-ondes** (a1), qui a la plus **grande** résistance. La résistance de l'antirésonance 4 demi-ondes (a2) est nettement moins élevée, et ainsi de suite.

7) - Les réactances **capacitives** existent depuis le doublet infiniment court jusqu'à la première résonance, puis, régulièrement, d'une antirésonance à la résonance qui lui succède.
Le **maximum de réactance capacitive** se trouve en **c1**, après la première antirésonance (a1).

8)- Les réactances **inductives** existent, d'une façon régulière, d'une résonance à l'antirésonance qui lui succède.
Le **maximum de réactance inductive** a lieu en **i1**, après la première résonance (r1).

En résumé :

Au centre du doublet choisi comme exemple, l'impédance varie suivant la fréquence du courant RF.

A chaque fréquence coïncide **une impédance et une seule**.
Mais, dans celles-ci, la résistance maximale ne dépasse pas celle de a1,

soit R = 4 900 Ω, dans notre exemple.

Les réactances vont s'y échelonner entre :

- une valeur minimale en c1 (X = -j 2 500 Ω),

- une valeur maximale en i1 (X = +j 2 200 Ω).

Analyse des deux premières résonances (en r1 et r2)

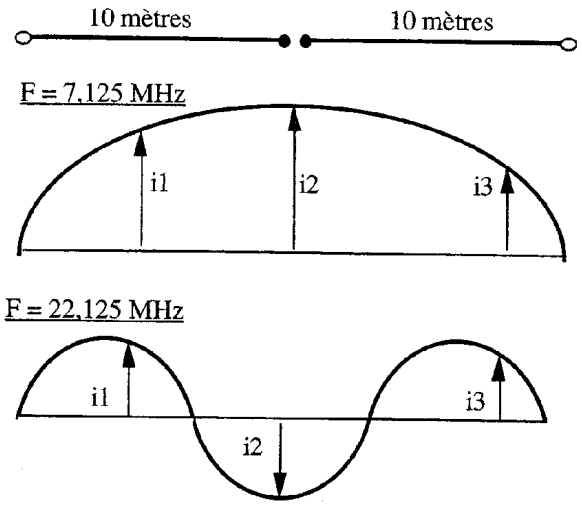


FIG 2-03 : Intensités instantanées à la première et la deuxième résonances (r1 et r2)

Les impédances r1 et r2, au centre de ce doublet, correspondent respectivement aux fréquences 7,125 et 22,125 MHz. La **figure n° 2-03** montre les valeurs relatives des **intensités instantanées**.

On remarquera que celles-ci sont **minimales** sur les isolateurs terminaux des **extrémités** du dipôle. Cette situation existe d'ailleurs **quel que soit le type d'antenne**.

Résistance du doublet demi-onde

Nous avons vu que, à cause de ses dimensions, aucune antenne décamétrique ne peut se trouver en espace libre. Quatre longueurs d'onde, au-dessus du sol, imposent des pylônes trop hauts.
A sa première résonance, tout particulièrement, la résistance en son centre dépend du couplage avec son image, donc de sa hauteur au-dessus du sol électrique.

Analyse de la première antirésonance (a1)

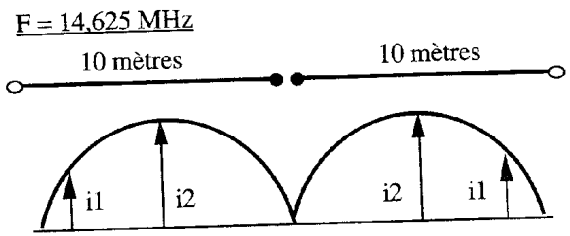


FIG 2-04 : Intensités instantanées
à la première antirésonance (a1)

Sur la **figure n° 2-04**, nous voyons la répartition des intensités instantanées, avec un minimum au point d'alimentation central.

Nous remarquerons que les 2 demi-ondes sont **en phase**.
En effet, deux demi-ondes **consécutives** (qui donnent l'image d'une sinusoïde complète, comme le symbole du courant alternatif), ne sont possibles que si elles **ne sont pas séparées** par un point d'alimentation.

On ne peut ainsi les trouver que sur des antennes alimentées à une extrémité de leur brin rayonnant, comme le Long-Fil, la Zeppelin, ou à une certaine fraction de sa longueur, comme la Conrad-Windom ou ses versions commerciales (FD4, FD3, etc...).

La **figure n° 2-05** donne la résistance au milieu de notre doublet de **2 fois 10 m**, à sa première résonance (r1), en fonction de sa hauteur.

Comme siège, en ce point, un ventre d'intensité, cette résistance est égale à sa **résistance de rayonnement**.

Cette résistance atteint un maximum vers 15 mètres.
Elle varie à cause du couplage avec **son image.**

Celle-ci donne du brin rayonnant réel un **symétrique fictif**, par rapport à un plan médiateur appelé **sol électrique**.

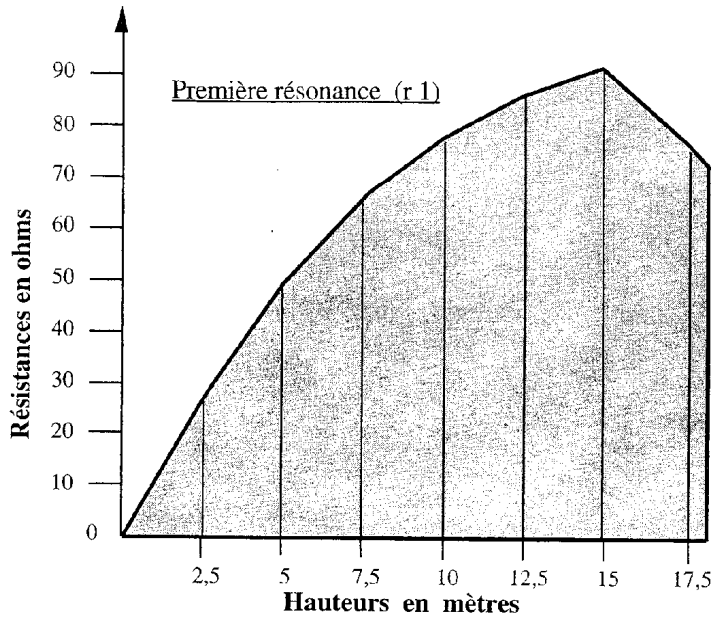


FIG 2-05 : La résistance d'une demi-onde est fonction de la hauteur

Suivant la conductibilité du terrain et son humidité, le sol électrique se déplace entre **0,50 et 1 mètre**, au-dessous de la surface de la terre.

L'image se distingue électriquement du brin rayonnant par le fait qu'elle est instantanément parcourue par des **courants de sens contraires** et qu'elle présente, à des points symétriques par rapport au brin réel, des **potentiels opposés** par rapport à la terre.

Les deux éléments d'une W8JK, d'une HB9CV ou d'une F8DR (s'ils avaient une même longueur) peuvent donner une idée de **l'association brin + image**.

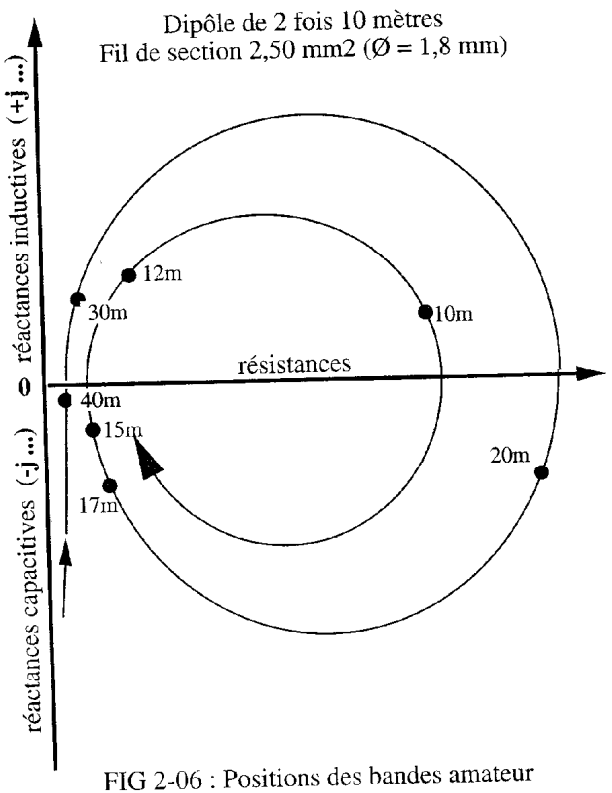


FIG 2-06 : Positions des bandes amateur

Sur la spirale des impédances prise pour exemple, on a placé les points correspondant aux centres des bandes radioamateur depuis celle des 40 m, jusqu'à celle des 10 m (**Figure n° 2-06**).

On voit que les bandes des 40, 17 et 15 m présentent une faible résistance et une réactance capacitive modeste. Il en est de même pour la réactance de la bande des 20 m, mais sa résistance est importante.

Les bandes des 30, 12 et 10 m présentent, au contraire une réactance inductive.

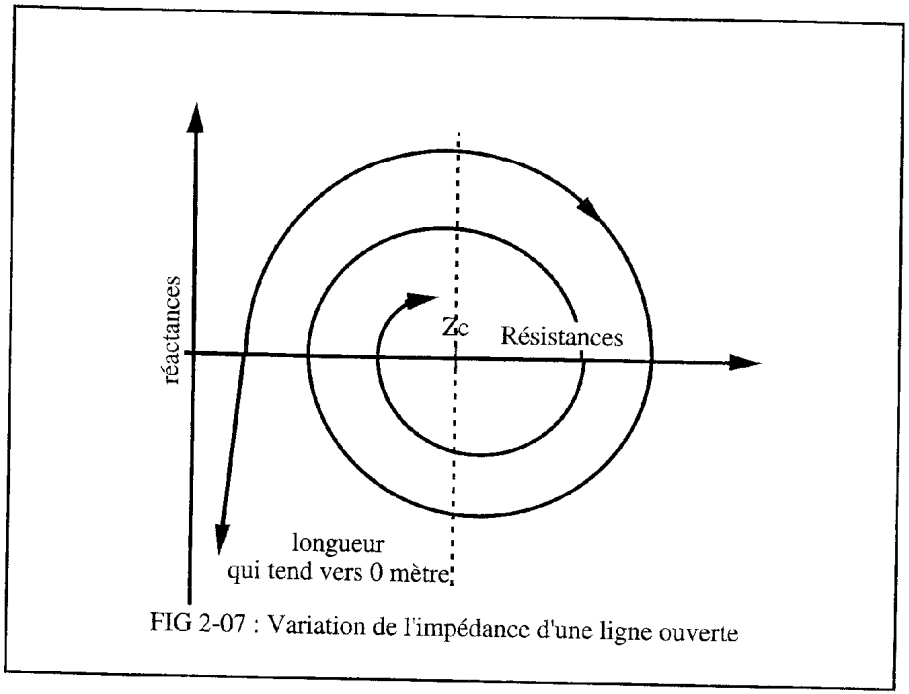


FIG 2-07 : Variation de l'impédance d'une ligne ouverte

On remarquera enfin l'analogie qui existe entre la spirale des impédances et celle de la variation de l'impédance d'une ligne ouverte (**Figure n° 2-07**).

La ligne bifilaire

Suivant sa longueur et son impédance caractéristique, toute ligne bifilaire va **transformer** l'impédance au centre du doublet, en **une nouvelle impédance** qui sera présente à sa base, entre C et D, (figure n° 2-01), à l'arrivée sur la boîte d'accord.

Cette fonction de **transformation d'impédance** appartient à toutes les lignes, quelles qu'elles soient.

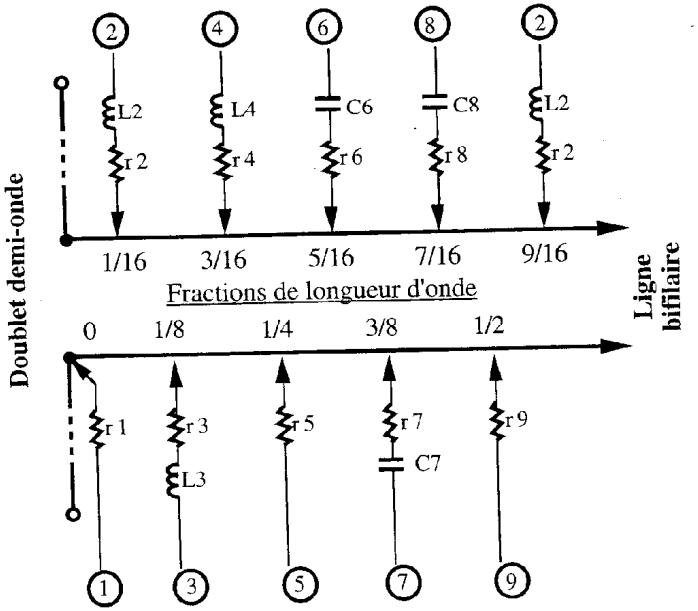
Pour une fréquence déterminée, si l'on connaît **l'impédance** entre **B** et E, ainsi que les **3 paramètres de la ligne** (longueur par rapport à celle d'une onde, coefficient de vélocité k, et impédance caractéristique Zo), l'abaque de Smith donne graphiquement l'impédance entre **C** et **D**.

Prenons un exemple numérique simple :

Un dipôle demi-onde **résonne** sur 28 MHz et présente, vu son altitude, une résistance de **50 Ω**. Pour cette fréquence, on a donc :

$$Z_{(BE)} = 50 + j\,0$$

Nous allons considérer ce qu'il advient de cette impédance tous les seizièmes de longueur d'onde, en descendant le long d'une ligne bifilaire en **twin-lead** qui a une Zo = 300 Ω et un k = 0,82.



L2 = 0,68 µH L3 = 1,62 µH L4 = 3,41 µH
C6 = 9,5 pF C7 = 20 pF C8 = 47 pF

FIG 2-08 : La ligne est un transformateur d'impédance

La **figure n° 2-08** montre les représentations des nouvelles impédances obtenues tous les seizièmes de longueur d'onde depuis le point d'alimentation, supposé à gauche.

Les capacités des condensateurs et les inductances des selfs sont données, à la fréquence de 28 MHz. Elles sont plus explicites que des valeurs réactives.

F = 28 MHz Mesures pour une ligne bifilaire en twin-lead **300 Ω (k = 0,82)**,
Impédance au point d'alimentation du dipôle
Z = 50 +j 0

N° d'ordre	Longueurs		Impédances	
	en fractions d'onde	en mètres	Résistances	Réactances
1	0	0	r1 = 50	+j 0
2	1 / 16	0,55	r2 = 60	L2 = +j 120
3	1 / 8	1,10	r3 = 102	L3 = +j 285
4	3 / 16	1,65	r4 = 300	L4 = +j 600
5	1 / 4	2,20	r5 = 1800	+j 0
6	5 / 16	2,75	r6 = 300	C6 = -j 600
7	3 / 8	3,30	r7 = 102	C7 = -j 285
8	7 / 16	3,85	r8 = 60	C8 = -j 120
9	1 / 2	4,40	r9 = 50	+j 0

FIG 2-09 : Valeurs des impédances le long de la ligne bifilaire

La **figure n° 2-09** récapitule toutes ces observations et donne, en fonction de la longueur de la ligne, la résistance et la réactance qui composent chacune des impédances. Le numéro d'ordre 1 correspond au point d'alimentation, au centre du doublet. Les autres suivent tous les λ / 16.

On remarque que les situations se répètent toutes les demi-ondes. Sur l'abaque de Smith, une **demi-onde** électrique correspond à **un tour complet**.

En résumé...

Quelle que soit la fréquence de travail, nous trouvons, à la base CD de la ligne bifilaire, une impédance **complexe**, formée d'une **résistance** et d'une **réactance** capacitive ou inductive.

Cette impédance résulte de la transformation, par la ligne, de l'impédance présente entre les points A et E, au milieu du dipôle.

La boîte d'accord

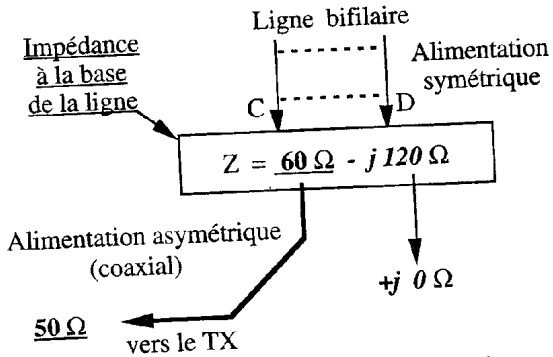


FIG 2-10 : Rôle de la boîte d'accord

Après le brin rayonnant et la ligne d'alimentation, la boîte d'accord est le troisième et dernier composant de l'antenne Lévy (**Figure n° 2-10**).

Son rôle est **triple**. En allant de la ligne vers le TRX, et par rapport à **l'impédance** entre C et D, elle doit :

1) - En **annuler** la réactance,
-j120 Ω ===> +j0 Ω

2) - **Transformer** sa résistance en 50 Ω,
60 Ω ===> 50 Ω

3) - **Supprimer sa symétrie** par rapport à la terre, puisque la fiche d'antenne du TRX est asymétrique.

On peut analyser cette boîte de 2 manières :

a)- Si l'on restreint la signification du mot " antenne " à son brin rayonnant, on peut appeler " coupleur d'antenne " ce dernier élément.

Mais alors, on doit considérer séparément :
- le brin rayonnant, qui est un doublet à vibration forcée,
- la ligne bifilaire, qui devient un feeder travaillant avec des ROS plus ou moins importants.

Cette interprétation impose une extension de la signification de " feeder ", d'ordinaire attribuée à une ligne à ondes progressives, c'est-à-dire convoyant le courant RF avec un ROS peu différent de 1 / 1.

Elle a gêné les auteurs au point de les obliger à introduire la notion de " feeder accordé ". Une façon élégante, mais peu objective, de s'en sortir ! Plus exacte eût été, d'ailleurs, " feeder accordeur ". Mais, est-ce le rôle du feeder d'accorder un aérien ?

On voit combien on est loin, dans cette affaire, du coaxial 50 Ω qui alimente un doublet demi-onde au voisinage de sa première résonance, et dont la longueur peut être alors **quelconque**.

Au contraire, sur une Lévy, pour une même longueur de brin, toute modification de la **longueur de la ligne** entraîne, comme nous l'avons vu ci-dessus, la variation de l'impédance entre C et D, donc des caractéristiques de la boîte d'accord, qui doit prendre en charge une impédance différente.

b)- Personnellement, je préfère assembler les 3 parties : brin, ligne et boîte.

Le feeder de la Lévy est alors, comme sur tous les autres types d'aériens, le court morceau de coaxial, branché à la sortie du TRX, et sur lequel on insère éventuellement un ROS-mètre, lorsque ce dernier fait défaut à l'intérieur du TRX.

Le lecteur choisira parmi ces deux façons de voir.

Il pourra y ajouter une troisième également intéressante :

La Lévy est analogue à 2 **Longs-Fils** alimentés en **opposition de phase**, et que l'on fait cheminer parallèlement au départ de la station, afin qu'ils ne puissent rayonner.

Comment adapter une résistance d'antenne différente de 50 Ω ?

1)- Adaptation par circuit électrique

Le circuit électrique en " L " est l'élément de base de ces types de circuits adaptateurs, repérés et nommés suivant leurs configurations, en " Π " ou en " T ".

Ceux-ci sont souvent associés à un condensateur ou une self, en série, comme par exemple les " π + C ", (MN4, MN 2000, etc...).

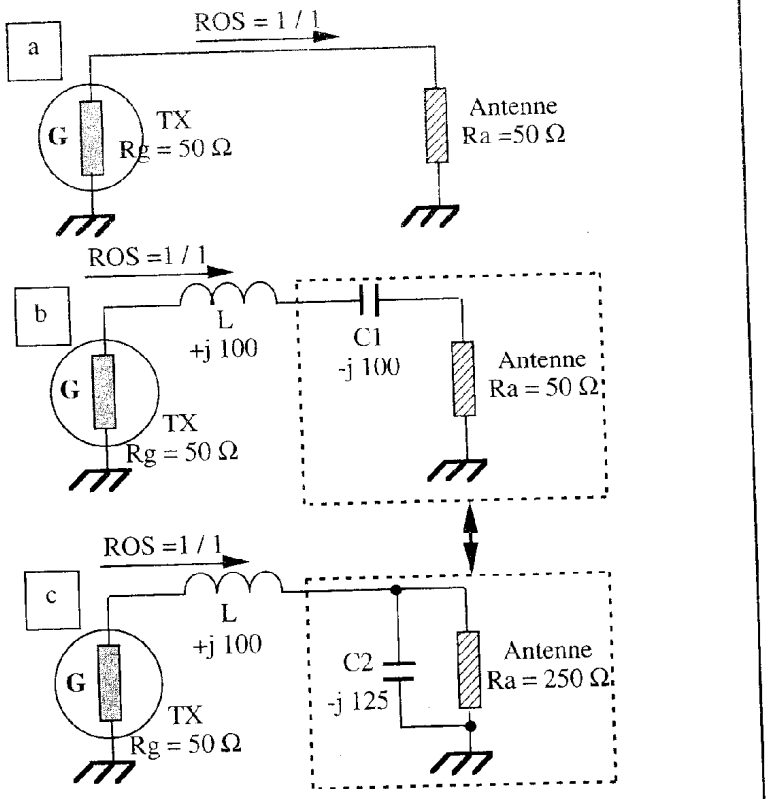


FIG 2-11 : Principe d'adaptation par circuit en "L"

La **figure n° 2-11** en relate le principe.

En **[a]**, nous trouvons le cas le plus simple d'adaptation parfaite. L'antenne de résistance Ra = 50 Ω, charge le générateur G, (le TRX), qui a pour résistance interne Rg = 50 Ω. Le courant progresse en ondes progressives (ROS de 1 / 1) dans la ligne d'alimentation de l'antenne, en coaxial de 50 Ω.

En **[b]**, nous insérons, entre G et l'antenne, deux éléments réactifs opposés, une self L et un condensateur C1, qui, à la fréquence du générateur, présentent respectivement des réactances de +j 100 et de -j 100 ohms.

Nous retrouvons, entre le TRX et sa résistance de charge, le circuit oscillant **série** présenté au chapitre précédent.

Les deux réactances **s'annulent** et, en considérant **purs** ces deux éléments, leur association se comporte comme **un court-circuit**. La situation électrique de **[b]** est donc analogue à celle de **[a]**.

En **[c]**, nous remplaçons **l'association en série** de C1 (avec XC = -j 100), et de la résistance d'antenne (avec Ra = 50 Ω), par une **association en parallèle** qui va présenter, à cette fréquence, **une même impédance**.

Cette équivalence a déjà été évoquée précédemment. Nous obtenons ici:

(50 Ω et -j 100) **en série** <===> (250 Ω et -j 125) **en parallèle**

L'impédance des deux associations étant la même, la situation électrique de **[c]** est analogue aux deux précédentes **[b]** et **[a]**.

On voit ainsi comment, à partir de **[a]**, et grâce à l'utilisation de 2 éléments réactifs opposés, on **couple parfaitement** une résistance d'antenne Ra de 250 Ω aux 50 Ω de la sortie du TX.

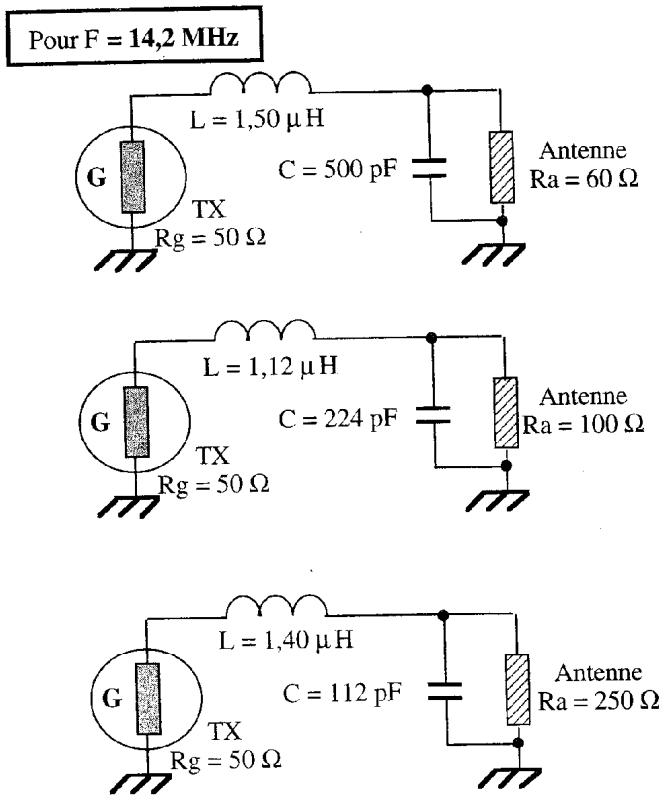


FIG 2-12 : L et C dépendent de Ra

Un simple examen des **formules d'équivalences série-parallèle** (présentes au dernier chapitre), montre :

1°) - que la résistance de l'association parallèle est toujours **supérieure** à celle de l'association série. On le vérifie ici,

2°) - qu'il est impossible d'obtenir une **même valeur** pour chacune de ces 2 résistances (par exemple Ra = Rg = 50 Ω).

3°) - qu'ainsi, un circuit en " L " est ou **élévateur** ou **abaisseur d'impédance**, mais ne peut constituer à lui seul un coupleur standard qui possède une plage d'adaptation s'étendant **de part et d'autre** des 50 Ω (par exemple, de 25 Ω à 150 Ω).

Remarques importantes :

Comme le montre la **figure n° 2-12**, pour une résonance du circuit en " L " sur la fréquence de 14,2 MHz, **à chaque résistance d'antenne Ra** est associé **un couple différent d'éléments réactifs** L et C. D'où :

- La fréquence de résonance ne dépend pas seulement des valeurs de L et de C, mais aussi de Ra,

- Pour le calcul de cette fréquence, **la formule de Thomson n'est pas applicable** en prenant L et C.

Dans le premier exemple avec Ra = 60 Ω, L = 1,50 µH et C = 500 pF, on aurait F = 5,8 MHz au lieu de 14,2 MHz.

Ce fait est souvent ignoré des OM. Pourtant, une observation attentive du schéma d'un circuit en "L" montre que L et C ne sont ni en série, ni en parallèle.

La formule de Thomson ne peut s'appliquer que dans deux configurations, celles des circuits oscillants **série** ou **parallèle**.

Les 2 éléments réactifs peuvent être disposés de 4 manières différentes, dans la configuration en " L " (**Figure n° 2-13**).

Lorsque la **self** fait partie de l'association **en série** avec le générateur, le circuit est dit " **passe-bas** " parce qu'il oppose au courant qui le traverse, un affaiblissement de plus en plus important, au fur et à mesure que la fréquence de celui-ci **augmente** par rapport à sa propre fréquence de résonance .

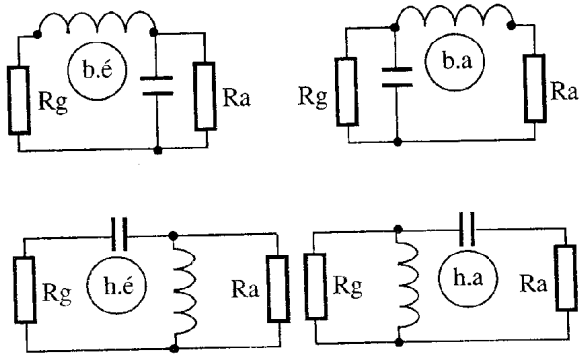


FIG 2-13 : Les 4 possibilités de circuits en " L "

Si, au contraire, c'est le **condensateur** qui fait partie de l'association **en série** avec le générateur, le circuit est " **passe-haut** ", il affaiblit les fréquences **inférieures** à sa fréquence de résonance.

Dans le repérage des 4 dessins de circuits, la première lettre indique ces caractéristiques de filtre de bande, avec **b** pour passe-**bas** et **h**, pour passe-**haut**.
La seconde lettre correspond à la transformation d'impédances, avec **é** pour **élévateur**, et **a** pour **abaisseur**.

La considération 3°), dans le tableau ci-dessus, oblige à associer deux circuits en " L " pour construire un coupleur d'antenne universel (**Figure n° 2-14**).

L'association de (b.a), composée de L1 et C1, et de (b.é), composée de L2 et de C2, donne le coupleur en " π passe-bas ", avec pour self L, la somme des inductances (L1 + L2).

Un tel " π passe-bas " se trouve dans tous les PA à tubes, afin de transformer, en 50 Ω, les plusieurs kΩ de l'impédance de sortie du(des) tube(s).
Il figure également dans de nombreux coupleurs.

L'association de (h.é), composée de L3 et C4, et de (h.a), composée de L3 (commune aux deux circuits) et de C3, donne le coupleur en " T passe-haut ".

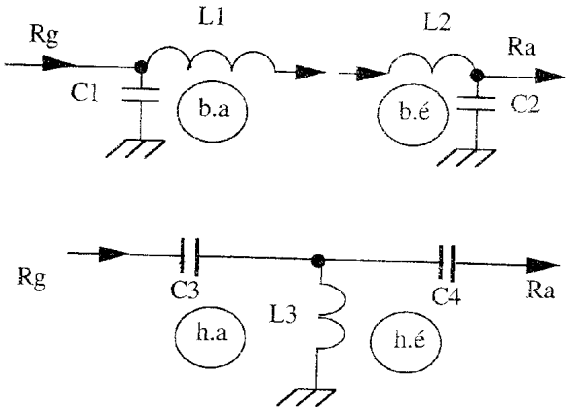


FIG 2-14 : Associations de circuits en " L "

Les " T passe-haut ", moins onéreux à construire, puisque les CV en série n'ont pas de problème quant à l'écartement de leurs lames, ont supplanté les traditionnels coupleurs Transmatch ou SPC.

2)- Adaptation par circuit magnétique

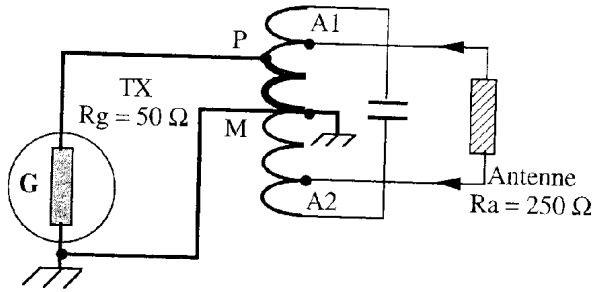


FIG 2-15 : Principe d'adaptation magnétique
(Montage autotransformateur)

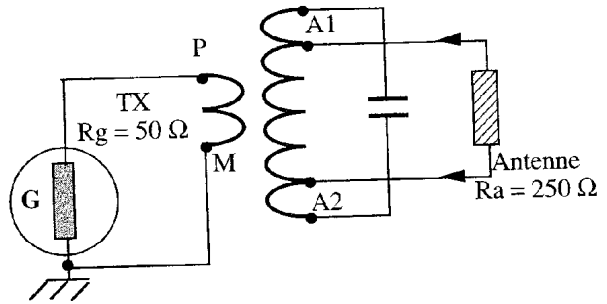


FIG 2-16 : Principe d'adaptation magnétique
(Montage transformateur)

Le principe de l'adaptation par un circuit magnétique n'est autre que celui du transformateur.

La version autotransformateur (**figure n° 2-15**) ou transformateur (**figure n° 2-16** exploite la formule qui lie le **rapport des impédances** primaire-secondaire et **celui des nombres de spires** désignés par **n**. On a ici:

$$\frac{n(P\text{-}M)}{n(A1\text{-}A2)} = \sqrt{\frac{50}{250}} = 0{,}447$$

Si, par exemple, sur une certaine bande, n (A1-A2) compte 20 spires, on calcule n (P-M) = 9 spires.

3)- Adaptation d'une impédance complexe

Notre préoccupation a été, jusqu'ici, l'adaptation de la résistance de l'antenne, aux 50 Ω du PA du TRX.

Mais nous savons que, à la base de la ligne bifilaire d'une Lévy, la résistance est toujours associée à **une réactance**.

L'annulation de cette réactance impose qu'elle soit **contrebalancée** par une réactance opposée ou qu'elle soit **introduite dans un circuit oscillant**, pour y être **absorbée**.

La première solution conduit à un montage compliqué, qui impose une commutation difficile en multibande, puisque les réactances à opposer dépendent de la bande; ce sont des condensateurs ou des selfs, de valeurs très différentes.

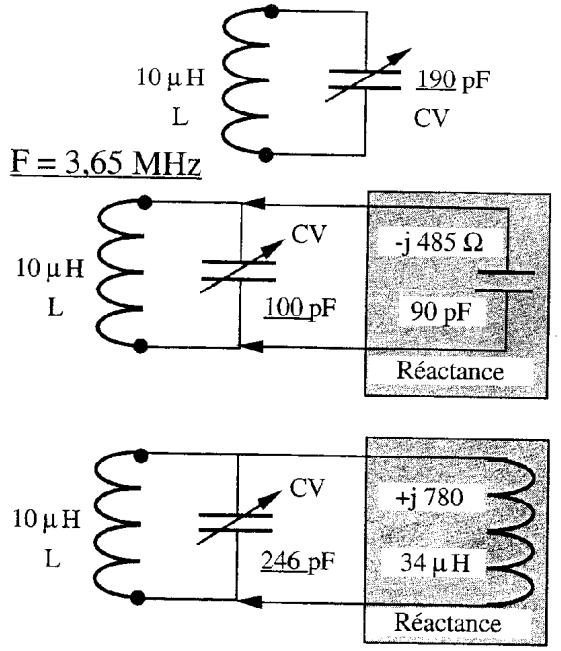


FIG 2-17 : Principe de l'absorption de la réactance

C'est la seconde solution qui est généralement adoptée dans une boîte d'accord. La **figure n° 2-17** en expose le principe, grâce à un exemple :

a)- Un circuit oscillant **parallèle** est constitué d'une self L, de 10 µH, et d'un condensateur variable **CV** *d'une capacité maximale* de 270 pF.

Quand cette capacité est égale à **190 pF**, le circuit antirésonne sur 3,65 MHz.

Le verbe "antirésonne" est préférable à "résonne", habituellement employé, puisque, si ses 2 éléments étaient purs, l'impédance de ce circuit parallèle serait infinie.

Supposons, à la base de la ligne bifilaire, branchée aux extrémités du circuit oscillant, une réactance (capacitive) de -j 485 Ω, qui est celle d'un condensateur de **90 pF** à la fréquence de 3,65 MHz.

Deux capacités en parallèle s'additionnent.
Le CV doit être **ouvert** jusqu'à ne plus présenter qu'une capacité de **100 pF**.

b)- Supposons maintenant, aux extrémités du circuit, une réactance (inductive) de +j 780 Ω. A la fréquence de 3,65 MHz, cette réactance est celle d'une self de **34 µH**, qui va se trouver en parallèle sur les 10 µH de L.
Les selfs s'associent, en parallèle, comme les résistances, suivant la loi des inverses.

34 µH, en parallèle avec 10 µH, équivalent à 7,727 µH.

Il va falloir **fermer** le CV jusqu'à obtenir une capacité de **246 pF**, pour retrouver les 3,65 MHz.

D'où le choix d'une capacité maximale de 270 pF, correspondant au maximum de réactance inductive possible. Cette valeur limite se déduit de la courbe de la "spirale".

On voit comment, sans modifier l'inductance de la self, la variation de la capacité du CV d'un circuit parallèle permet l'annulation de la partie réactive de l'impédance à la base de la ligne, **qu'elle soit capacitive ou inductive**.

Si les points C et D ne sont pas connectés aux extrémités de L, mais n'en interceptent qu'un nombre réduit de spires, la réactance est **transformée**, suivant les nombres de spires, comme le serait une résistance.

4)- Le couplage mutuel

Aux considérations ci-dessus, il convient d'ajouter celle issue du couplage mutuel, qui est la suivante :

Le couplage de 2 circuits fait que chacun d'eux réagit magnétiquement sur l'autre.
L'équivalence est un circuit **fictif** dont les caractéristiques d'inductance et de capacité sont **différentes** de celles des 2 circuits couplés, chacun pris individuellement.

Ce problème était jadis résolu mécaniquement par une position variable des lignes de force du champ magnétique d'une bobine par rapport à celles de l'autre.

C'était soit la rotation d'une self, dans une configuration rappelant celle d'un variomètre, ou l'introduction partielle des spires mobiles dans le champ de la self fixe, par un déplacement perpendiculaire à l'axe de la bobine fixe, voire même la modification de la distance entre les 2 selfs qui restaient alors coaxiales.

Ces solutions étaient efficaces mais encombrantes. On préfère, actuellement, fixer à demeure les bobines et jouer sur les fréquences de résonance des 2 circuits couplés.

CHAPITRE 3

Le projet d'antenne Lévy (I)

- Le brin rayonnant -

Sa longueur

Le fait de vibrer en **résonance forcée** dispense le brin rayonnant d'avoir une longueur parfaitement définie, (2 fois 20 m, 2 fois 15 m, etc...), comme on peut le lire sur des ouvrages anciens, traitant de cet aérien.

La résonance forcée ne doit pas étonner le lecteur. Les stations de radiodiffusion, qui emploient des aériens verticaux sur les bandes kilométriques ou hectométriques, y sont évidemment contraintes.
France-Inter, en Grandes Ondes aurait besoin, pour une vibration naturelle quart d'onde (l'autre $\lambda / 4$ étant fourni par l'image), d'un pylône d'une hauteur voisine de celle de la tour Eiffel !

Cependant, en émission, la longueur du brin rayonnant ne doit pas être inférieure au **quart** de **longueur d'onde**, car, au-dessous de cette dimension, le **rendement**, c'est-à-dire le pourcentage de la puissance totale transformée en ondes électromagnétiques, par rapport à la totalité de la puissance du TRX, baisse rapidement.

Qu'en est-il, en réception ?

Plus une antenne est longue, plus elle intercepte une grande surface d'onde. Les **potentiels**, (par rapport à la terre) créés par le champ électrique, ainsi que les **intensités**, induites par le champ magnétique de l'onde provenant de l'antenne du correspondant (donc **la puissance** reçue), sont fonctions de la longueur.

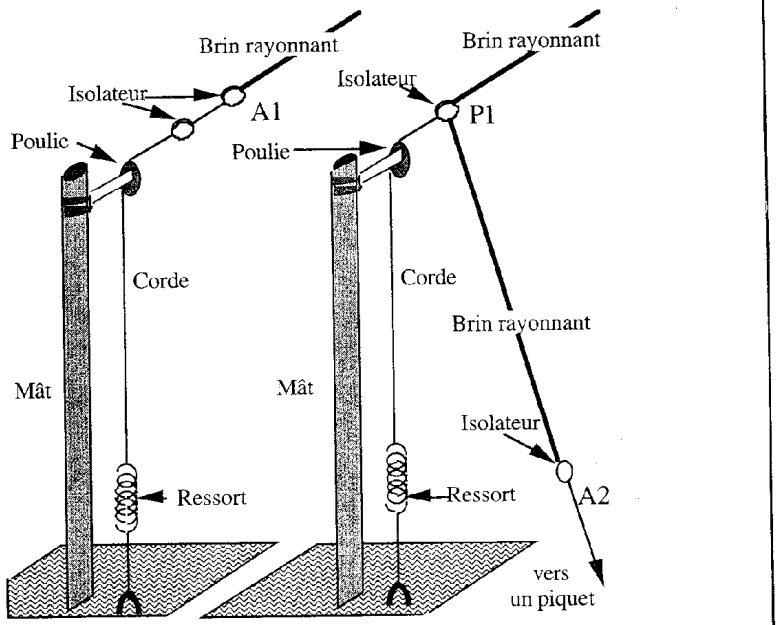


FIG 3-01 : Extrémité du brin rayonnant

Lorsque l'espace manque autour de la station, on peut gagner quelques mètres en renvoyant en oblique les extrémités du brin rayonnant de la Lévy (**Figure n° 3-01**).

A gauche, est dessinée une extrémité classique avec l'isolateur extrême (A1), une poulie de renvoi et un ressort de tension **R**.

R est important car il tire avec une force constante et absorbe les efforts du vent. Les ressorts qui suspendent le tambour d'un vieux lave-linge, récupérés à la "casse", conviennent parfaitement.

En cas de prolongation (dessin de droite), l'isolateur (A2) est près du sol, mais néanmoins hors de la portée de la main. L'isolation d'une soudure se dégrade avec le temps. L'extrémité d'un brin rayonnant est un **ventre** de tension, c'est le point où le potentiel, par rapport à la terre, est le plus élevé de tout l'aérien.

La partie oblique P-A2 n'est pas forcément dans le plan vertical déterminé par le brin et le mât, elle peut être déportée sur le côté, pour en accroître la longueur.

Mais, pour conserver **la symétrie** (qui est une des grandes qualités de la Lévy), à l'autre extrémité, la partie oblique sera déportée, de préférence, **de l'autre côté**, par rapport à la base du mât.

Quand un brin rayonnant est **plié**, l'angle ne doit jamais être **inférieur à 90°**, sous peine de provoquer une déformation des diagrammes de rayonnement, certaines longueurs de fil, sur un des côtés de l'angle, pouvant gêner et même annuler le rayonnement d'autres longueurs situées sur l'autre côté.

Sa hauteur par rapport au sol

Nous abordons là une caractéristique **importante** d'un aérien. Les OM se préoccupent surtout de son adaptation correcte, en regardant du coin de l'oeil le ROS-mètre.

C'est un noble souci, car l'adaptation d'une charge à son générateur est une chose importante. Mais il ne faut pas, pour autant, oublier le côté "artillerie" de l'antenne.

Dans la mesure du possible, car entrent en jeu des servitudes géographiques et mécaniques, il convient d'essayer de ne pas envoyer les ondes dans des directions où elles seront irrémédiablement perdues, ne pouvant parvenir sur l'antenne du correspondant.

Si la **portée optique** (aucun obstacle entre les 2 aériens), ou **l'onde de sol** (trajet courbe, au voisinage de la terre) ne posent pas de problème dans le domaine des ondes décamétriques, la réflexion **ionosphérique** dépend d'abord de **l'altitude** des couches ionisées **E**, **F1** et **F2**, laquelle varie suivant la saison, la date, l'heure et les caprices du Soleil.

Par contre, **l'angle de tir** d'une l'antenne, qui dépend uniquement de ses dimensions, de son altitude, et de la fréquence utilisée, est une **constante**.

L'angle de tir est l'angle que font l'**horizontale** et la **médiatrice du lobe principal** du diagramme de rayonnement vertical. Il est ainsi défini comme en balistique.

Nous prendrons pour exemple une Lévy très courante, dont le brin rayonnant mesure **2 fois 20 mètres**, environ. Quand il résonne sur la bande des 80 m, il possède alors les caractéristiques d'un doublet demi-onde. C'est la vibration fondamentale, dite "de Hertz".

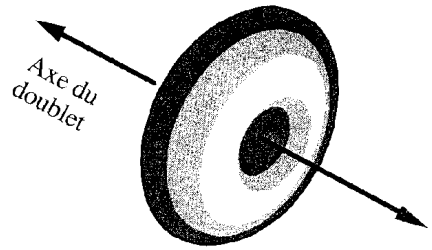


FIG 3-02 : Rayonnement du doublet demi-onde
en espace libre

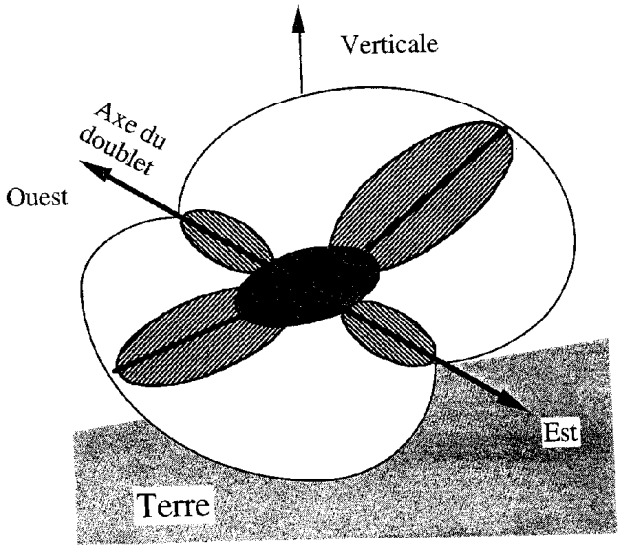


FIG 3-03 : Déformation due au couplage
avec l'image dans le sol

Rayonnement en espace libre (Figure n° 3-02)

Les points qui reçoivent, avec des énergies **égales**, les champs électrique et magnétique dessinent un **tore**.

Les directions dans lesquelles la P.A.R est maximale peuvent être comparées aux rayons d'une roue de bicyclette dont l'axe du fil serait le moyeu.

Rayonnement près du sol

Sur les ondes décamétriques, on ne peut hisser un aérien à plus de 4 longueurs d'onde de hauteur, même sur la bande des 10 mètres. Ainsi, il convient de rappeler qu'il reste constamment couplé avec son image; il n'est **jamais en espace libre**.

Il en résulte une déformation du tore qui prend la forme d'un coussin plié selon l'axe du fil **(Figure n° 3-03)**.

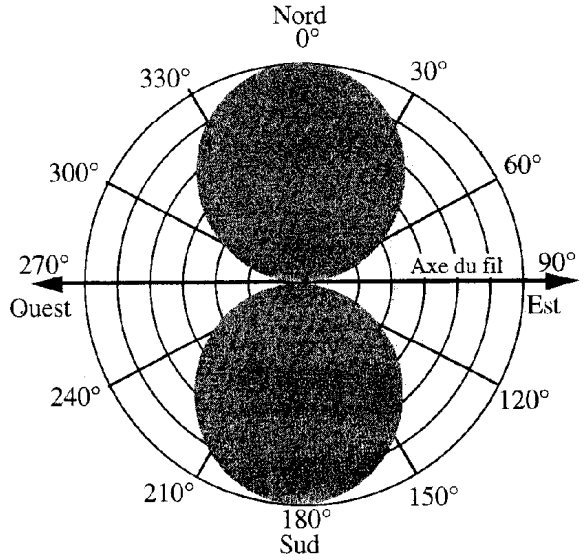


FIG 3-04 : Diagramme de rayonnement horizontal
quand AF = 0,5 λ

Diagrammes de rayonnement dans un plan horizontal

La hauteur au-dessus du sol affecte **peu** la forme des **diagrammes théoriques** qui sont établis mathématiquement sur un modèle en espace libre. Aussi, ces derniers sont-ils utilisables pour donner une idée de la répartition des ondes suivant les différents azimuts.

Les zones de **silence**, visibles **entre les lobes**, sont heureusement moins larges, dans la réalité, que sur les dessins des diagrammes.

Le paramètre fondamental est le **rapport** entre la **longueur** du dipôle AF (suivant le repérage des points de la figure n° 2-01) et la **longueur d'onde** de travail.

Le caractère **multibande** de la Lévy entraîne évidemment une variation de la valeur de ce rapport suivant la bande choisie.

Considérons quelques cas particuliers de diagrammes horizontaux, afin de les commenter.

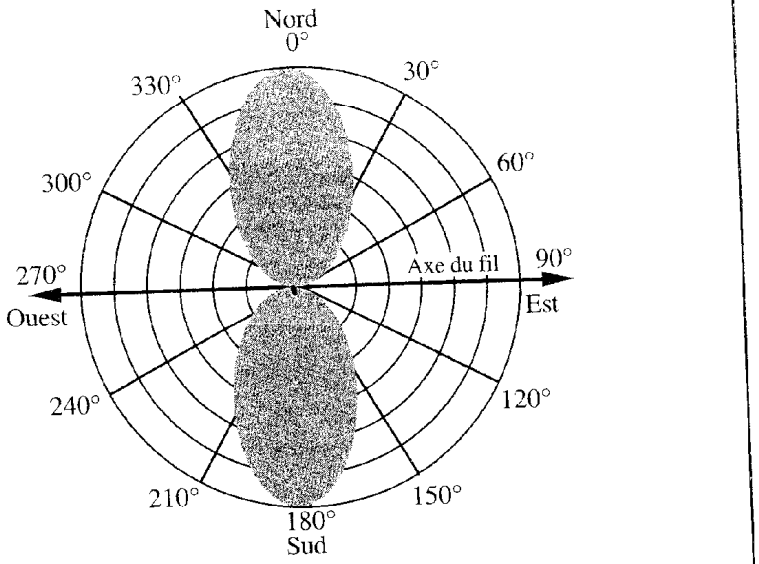


FIG 3-05 : Diagramme de rayonnement horizontal quand AF = 1 λ

1) - AF = 0,5 λ (Figure n° 3-04)
(Par exemple, une Lévy de 2 fois 20 mètres, sur la bande des 80 m).

Nous obtenons 2 lobes, larges, répartis de part et d'autre de l'axe du fil. C'est une coupe horizontale, passant par le centre du tore de la figure n° 3-02.

La direction défavorisée est celle du fil (ouest-est, dans notre exemple).

2)- AF = 1 λ (Figure n° 3-05)
(Par exemple, une Lévy de 2 fois 20 mètres, sur la bande des 40 m).

Le diagramme est celui de **deux demi-ondes en phase**, et non d'une onde entière.

Sur chacune des deux moitiés AB et EF du brin rayonnant, nous retrouvons le dessin de la figure précédente. L'addition des rayonnements de AB et de EF conduit à 2 lobes perpendiculaires à l'axe du brin, mais plus **étroits** et plus **longs**.

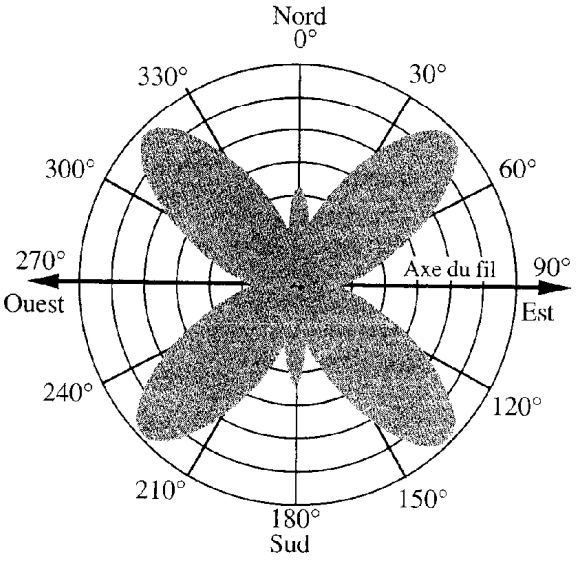


FIG 3-06 : Diagramme de rayonnement horizontal quand AF = 1,5 λ

Tous les diagrammes sont inscrits dans un même cercle extérieur qui portent les azimuts; de ce fait, les P.A.R sont comparables sur un même diagramme, mais non d'un diagramme à un autre.

La directivité se fait plus marquée, nous verrons plus loin, comment pallier à cette caractéristique, qui peut, dans certains cas, être gênante.

3)- AF = 1,5 λ **(Figure n° 3-06)**
(Par exemple, une Lévy de 2 fois 15 mètres, sur la bande des 20 m).

Les 30 mètres du brin AF représentent environ **2 trois-quarts d'onde en phase**. Six lobes, dont 2, direction nord-sud, très secondaires et négligeables, apparaissent.

Les quatre directions privilégiées font théoriquement un angle de 54° avec l'axe du fil.

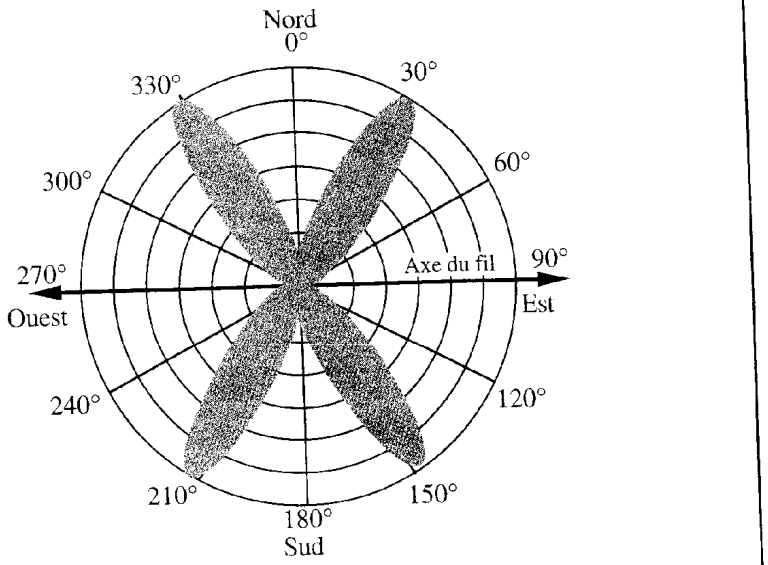


FIG 3-07 : Diagramme de rayonnement horizontal quand AF = 2 λ

" Et pourtant, elle tourne ... ! "

Cette particularité des diagrammes horizontaux ne doit pas être oubliée : Pour un contact établi en **onde de sol**, avec une Lévy de 2 fois 20 m, faire QSY de 7 MHz à 10 MHz, c'est aussi faire tourner le rayonnement de 36° ! Comme avec une beam !

4)- AF = 2 λ **(Figure n° 3-07)**
(Par exemple, une Lévy de 2 fois 20 mètres, sur la bande des 20 m).

Nous obtenons le diagramme de 2 **ondes en phase**, AB et EF.

Le diagramme d'une onde est composé de 4 lobes qui forment chacun, comme précédemment, avec l'axe du fil, un angle de 54°.

La **colinéarité** renforce, ici, ce rayonnement et conduit, comme au 2°) ci-dessus, à 4 lobes plus longs et plus étroits que ceux du 3°).

Diagrammes de rayonnement dans un plan vertical

Sur le coussin de la figure n° 3-03, on voit que les sections verticales, en traits hachurés , diffèrent selon leurs positions, parallèle ou perpendiculaire à l'axe du dipôle.

La **hauteur** du fil, par rapport au sol électrique, intervient **considérablement** sur les deux diagrammes de rayonnements verticaux.

A titre d'exemple, les figure **n° 3-08** (dans le plan du fil) et **3-09** (dans un plan perpendiculaire au centre du doublet) illustrent les rayonnements

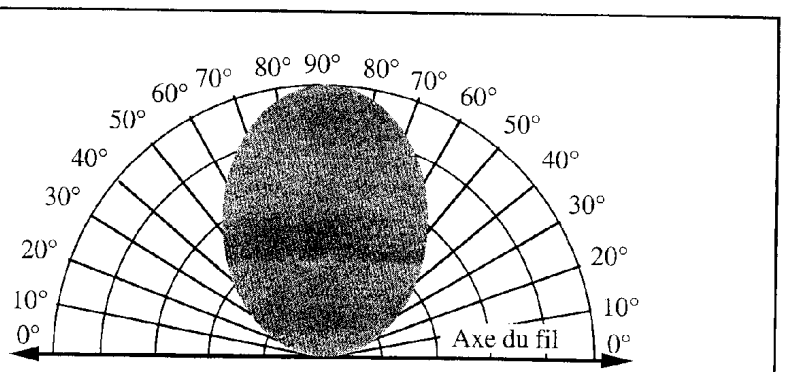


FIG 3-08 : Diagramme de rayonnement vertical dans le plan du fil, à 1/4 λ de hauteur

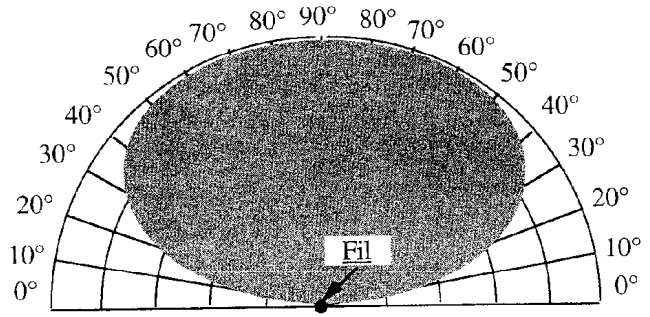


FIG 3-09 : Diagramme de rayonnement vertical dans un plan perpendiculaire au centre du fil, à 1/4 λ de hauteur

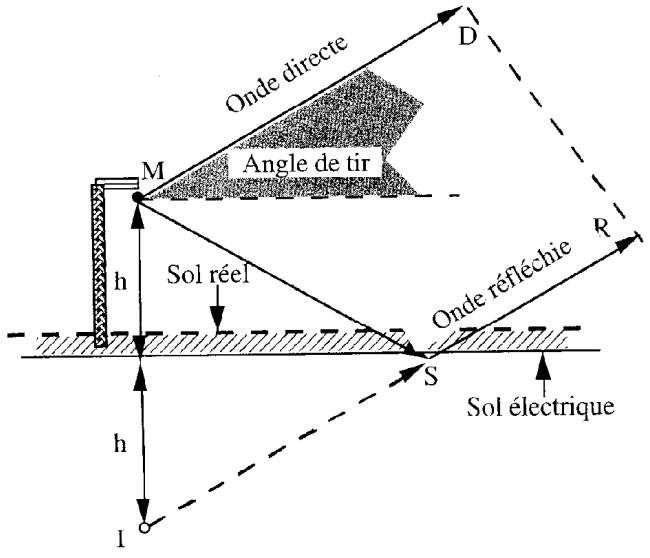


FIG 3-10 : Action de l' image sur l'angle de tir

verticaux, sur 3,5 MHz, du doublet de 2 fois 20 m tendu à 18 mètres environ au-dessus d'un sol moyennement conducteur.

Hauteur d'une antenne et angle de tir (Figure n° 3-10)

Considérons le milieu **M**, d'un dipôle perpendiculaire au plan de la page, et son image I. Parmi l'infinité de directions (sur tout le plan de la page) des ondes générées par cette antenne, MD représente une **onde directe**, qui part vers l'ionosphère, tandis que **MSR** est une **onde réfléchie** en S, sur le sol électrique, légèrement au-dessous de la surface de la terre.

Les directions MD et SR sont **parallèles**: les points D et R sont définis sur une **perpendiculaire quelconque** aux directions respectives de l'onde directe et de l'onde réfléchie.

Le triangle **MSI** est isocèle (SM = SI). Ainsi, tout se passe *comme si l'onde réfléchie était émise par l'image I.*

Comparons les intensités des champs électrique et magnétique en D et en R :

La géométrie ci-dessus permet le dessin d'un diagramme de rayonnement vertical. C'est la hauteur **h** qui définit le triangle MSI, donc la différence des trajets (IR - MD) et, en fonction de λ , la (ou les) directions privilégiées contenues dans un plan vertical déterminé.

L'angle que fait MD (ou SR) avec l'horizontale, quand les rayonnements direct et réfléchi s'additionnent pour une intensité maximale, est " **l'angle de tir** ", évoqué dans un précédent chapitre.

On constate, entre **h** et **ß l'angle de tir**, les correspondances :

$0\,\lambda < h < 1/4\,\lambda \iff 60° < ß < 90°$

$1/4\,\lambda < h < 3/8\,\lambda \iff 40° < ß < 60°$

$3/8\,\lambda < h < 1/2\,\lambda \iff 20° < ß < 40°$

Pour estimer la distance franchie après la première réflexion ionosphérique, il faut joindre, au paramètre h, **l'altitude** de la couche concernée, laquelle varie suivant la fréquence, l'heure, la saison et les caprices du soleil.

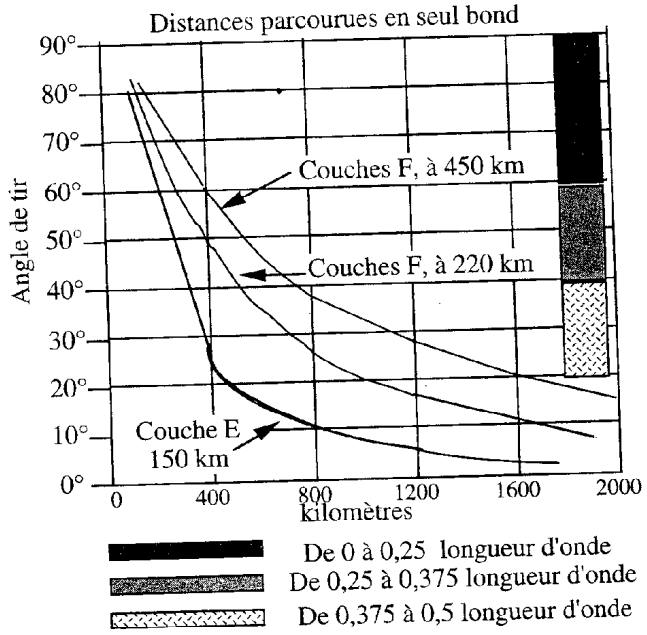


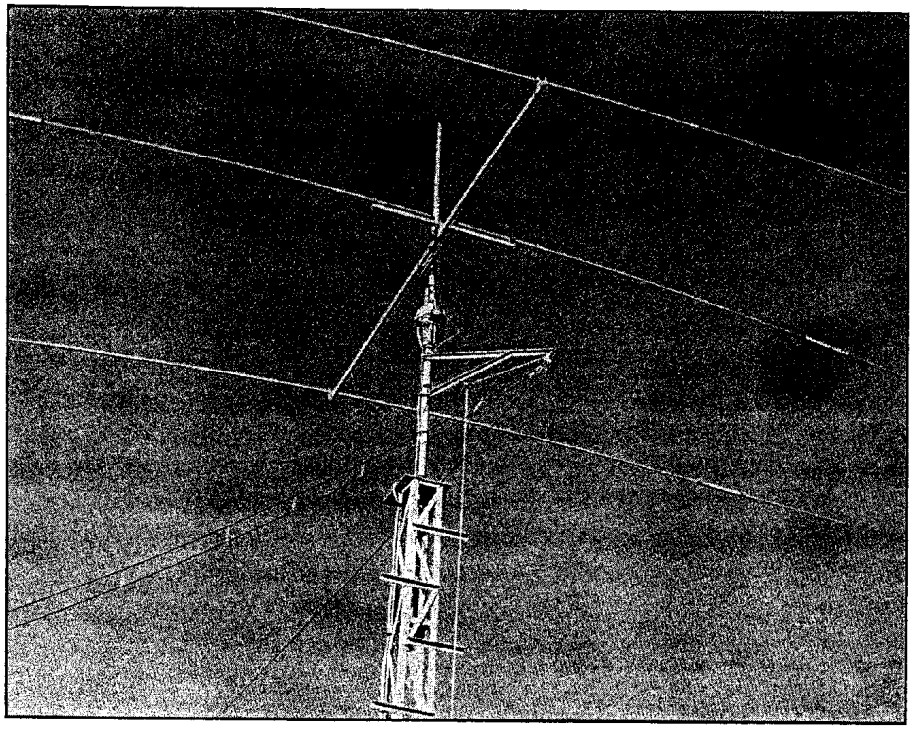
FIG 3-11 : Distances franchies suivant l'angle de tir

La **figure n° 3-11** donne, suivant la hauteur des couches E ou F, les distances parcourues, en fonction de l'angle de tir **ß**.

Une fois encore, la hauteur de la Lévy est un compromis entre les caractéristiques des bandes les plus utilisées et les distances à franchir pour faire QSO.

Une hauteur **h** voisine de **10 mètres** permet, sur la bande des 80 m, un bon trafic sur l'Hexagone et excellent, en diurne, sur les bandes des 40 m et 30 m.

Sur 20 m, **h** devient une demi-onde, **ß** décroît vers 20° et on peut espérer une portée de 1 000 km, le jour, et de 1 600 km, après le coucher du soleil, bien que la Lévy ne soit pas spécialement un aérien pour le grand DX.



Potence et Centre de la Lévy, sous une tribande 3 éléments

Configurations particulières

1)- Le " V " inversé (Figure n° 3-12)

Dans un **plan vertical**, un **doublet demi-onde** peut être plié jusqu'à obtenir un angle de 90°. Ses caractéristiques sont alors modifiées :

- Les fréquences des vibrations naturelles diminuent,
- La résistance en son milieu (qui est aussi sa résistance de rayonnement, puisqu'il s'agit d'un ventre d'intensité) diminue,
- Sa bande passante diminue,
- Ses diagrammes de rayonnement sont modifiés en fonction de la conductibilité de la terre au-dessous de l'antenne, et surtout de la proximité du sol des isolateurs terminaux.

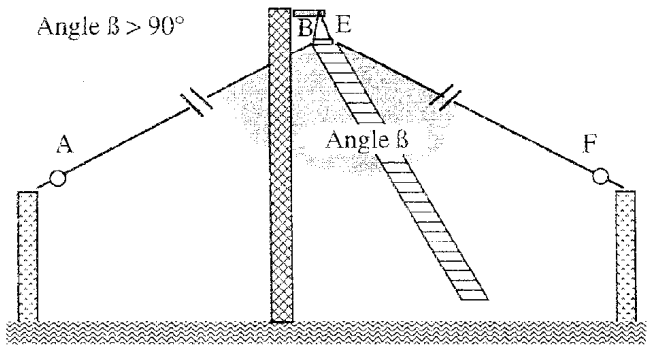


FIG 3-12 : Lévy en "V" inversé

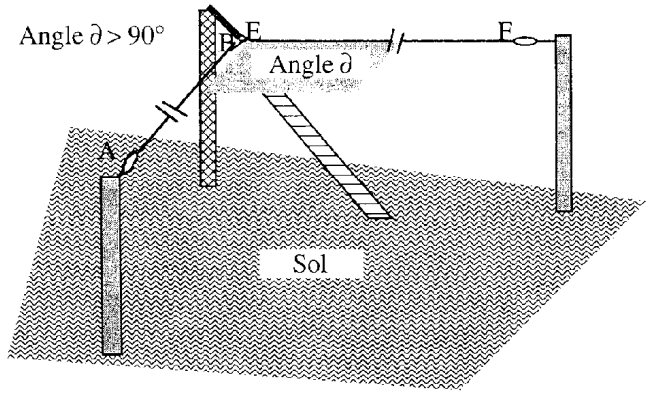


FIG 3-13 : Lévy Quadrant 2 fois 40 m

Les modifications évoquées, sauf la dernière, n'affectent pas le bon fonctionnement d'une Lévy.

Mais comme elle doit être utilisée sur plusieurs bandes, dans la méconnaissance des qualités réelles du sol, une expérimentation ponctuelle est indispensable.

Celle-ci doit être faite en réception, sur la bande choisie, d'une émission **stable** localisée dans le secteur géographique particulièrement visé par le radioamateur.

Pour passer rapidement d'un angle de 180 à 90°, les deux mâts terminaux provisoires seront de grande taille et munis, chacun, de 2 poulies, l'une au sommet, l'autre au pied, comme sur un mât militaire pour le lever des couleurs.

Un sandow, entre chaque isolateur terminal et le noeud d'arrêt sur la corde, compensera les différences de longueur de chaque demi-brin rayonnant, en se tendant au fur et à mesure que l'angle diminuera, l'isolateur se rapprochant du sol.

Afin de tenir compte des variations de la propagation suivant l'heure, l'expérimentation est à renouveler plusieurs fois dans une journée et, si possible, plusieurs jours.

2)- La Lévy Quadrant (Figure n° 3-13)

Le brin rayonnant peut être plié, **dans un plan horizontal**, également jusqu'à 90°.

Cette configuration est intéressante pour les brins de grande longueur, comme ceux de 2 fois 40 mètres, opérant sur la bande des 80 m, par exemple, pour éviter une perte trop marquée, en ondes de sol, selon l'axe du fil (Figure 3-05).

Si l'angle ∂ = 90°, les 2 lobes allongés se retrouvent perpendiculaires, d'où une meilleure répartition sur le plan horizontal (**Figure n° 3-14**).

Expériences de F3LG

Lors d'une étude sur une boîte d'accord de Lévy, F3LG a étudié la variation de la **fréquence de résonance** d'un doublet déformable et en a publié les résultats sur Radio REF n°7 de 1977, page 612.

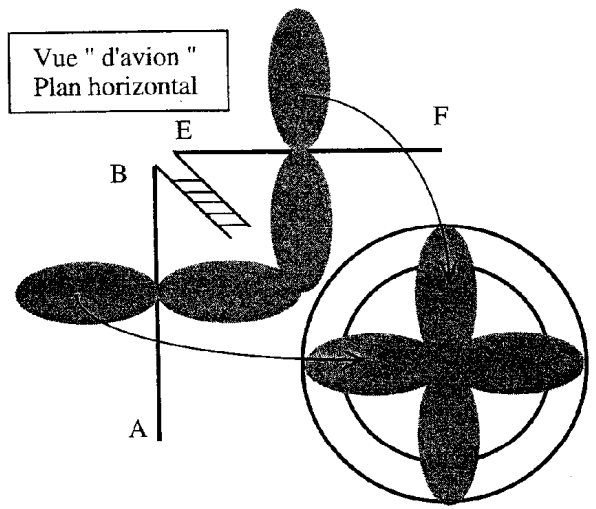


FIG 3-14 : Rayonnement horizontal de la Lévy Quadrant

La **figure n° 3-15** décrit les stades successifs de son expérimentation et en rappelle les résultats.

Deux demi-brins de 5 mètres sont reliés par une petite boucle permettant le couplage à la bobine d'un grid-dip.

Théoriquement, cette boucle intervient par son périmètre et son inductance, mais son petit diamètre rend négligeables les effets de sa présence sur les bandes décamétriques.

- en (a) :
Les 2 demi-brins sont tendus horizontalement; ils constituent un doublet de 2 fois 5 m.
La fréquence de résonance (r1, en demi-onde) est **14,2** MHz.

- en (b) :
Chaque demi-brin est plié; on obtient un dipôle de 2 fois 4 m, et une ligne bifilaire qui mesure 1 m.
La fréquence de résonance devient **15,3** MHz.

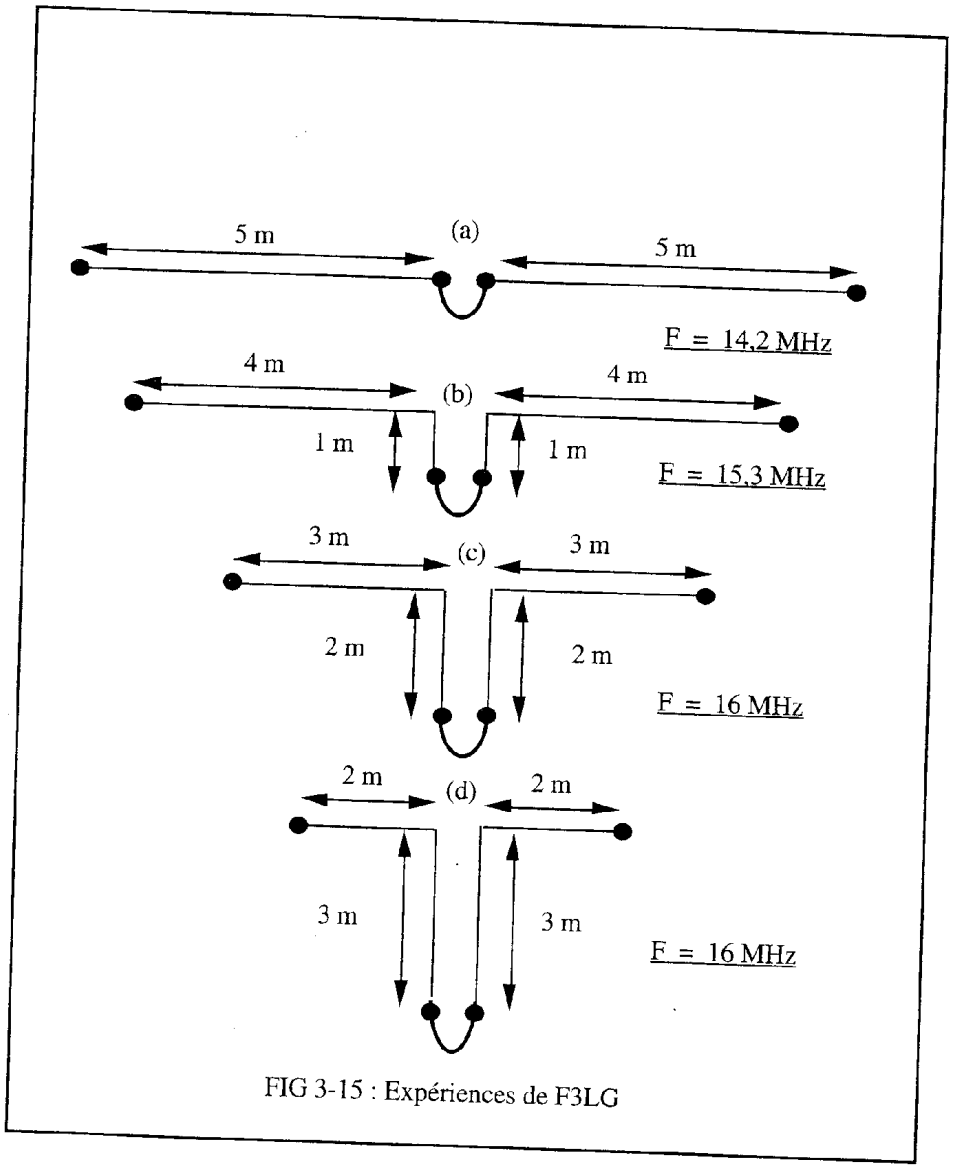


FIG 3-15 : Expériences de F3LG

- en (c) :
Un nouveau pliage conduit à un dipôle de 2 fois 3 m et à une ligne de 2 m de longueur.
La fréquence de résonance est alors **16** MHz.

- en (d) :

Le dipôle est réduit à 2 fois 2 m; la ligne mesure 3 m.
La fréquence de résonance demeure 16 MHz.

$$R = \frac{\text{long. ligne}}{\text{long.brin}} = \frac{3}{4}$$

est rarement dépassé, ni même atteint, sur les Lévy courantes.

Le fait de plier une partie des 2 demi-brins rayonnants, pour constituer une ligne bifilaire, n'entraîne qu'une modification de fréquence de 12 %, dans cette expérimentation.

Cette propriété permet une estimation valable des **fréquences de résonance**, en considérant la totalité des longueurs de fil utilisées pour la réalisation du brin et celle de la ligne.

Impédances au centre du brin rayonnant

1)- Résistances au centre du brin rayonnant

Quant à l'estimation de la **résistance** et de la **réactance** au centre du brin rayonnant, les travaux évoqués jusqu'ici, qui conduisent à la "spirale", sont antérieurs à l'utilisation massive des ordinateurs.

Les calculs longs et compliqués, qui portaient le plus souvent sur les nombres complexes (ou imaginaires) et trigonométriques, sont actuellement réalisés rapidement à partir de programmes.

Vu le grand nombre de paramètres qui entrent en jeu, les programmes sont généralement conçus pour fournir des données générales, ce qui est suffisant.

D'ailleurs, certains de ces paramètres sont difficiles à connaître, par exemple l'influence sur le brin, de son image .

Le plan de sol électrique n'est jamais au niveau du sol du jardinier. Il se déplace entre (- 0,50 m) et (- 1,50 m), suivant la nature de la terre et surtout son humidité.

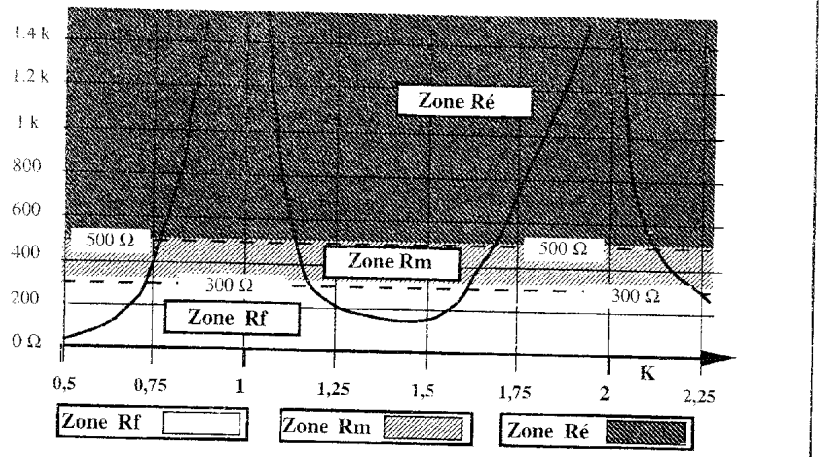


FIG 3-16 : Résistances entre B et E
en fonction de K = Ld / λ

Pour cela, dans les programmes, les dipôles sont généralement considérés en " espace libre ", débarrassés de l'influence de leur image.

On suppose de même que, par rapport à la longueur d'onde, leur fil est très fin, sans se préoccuper, sur chaque bande, du rapport entre leur diamètre et la longueur d'onde.

De même, le coefficient de vélocité (ou facteur de raccourcissement) du brin rayonnant n'est pas pris en compte.

Des études récentes conduisent à la courbe suivante (**Figure n° 3-16**)

La variable est le paramètre **K** tel que K = (AB + EF) / λ, ce qui permet d' appliquer la courbe à chacune des bandes.

Pour simplifier l'écriture, la longueur totale du brin (AB + EF) sera remplacée par Ld (longueur du dipôle), d'où **K = Ld / λ** .

Sur ce graphique, 3 zones sont en pointillés différents :
- une zone inférieure (Rf), pour les faibles résistances, inférieures à 300 Ω,
- une zone moyenne (Rm), pour les résistances moyennes, de 300Ω jusqu'à 500 Ω,
- une zone supérieure (Ré), pour les résistances élevées, supérieures à 500 Ω.

Exemple :

Soit une Lévy dont le brin mesure électriquement 2 fois 28 mètres, émettant au centre de la bande des 80 m, pour lequel on a F = 3,65 MHz et λ = 82 m.

On calcule K = (2 x 28) / 82 = **0,7**

La résistance entre B et F est voisine de 250 Ω; elle appartient à la zone Rf.

On note une certaine similitude entre l'évolution de la courbe autour de K = 1 et celle autour de K = 2.

On met à profit cette particularité lorsque K > 2,25

en y retranchant un nombre entier (1; 2; 3; etc ...), pour retrouver la plage (0,5 - 2,25) de la figure.

Par exemple, un brin identique au précédent conduit, avec F = 28,4 MHz, à :

λ = 300 / 28,4 = 10,56 m d'où **K = (2 x 28) / 10,56 = 5,3**

Il faudra y retrancher **le nombre entier 4**.

La différence (5,3 - 4) = **1,3** nous ramène dans le tableau et à estimer la résistance dans la zone Rf.

2)- Réactances au centre du brin rayonnant

Comme la résistance, la réactance, entre B et F, dépend du diamètre du fil et de λ. La courbe ci-dessous correspond à un fil fin **(Figure n° 3-17)**.

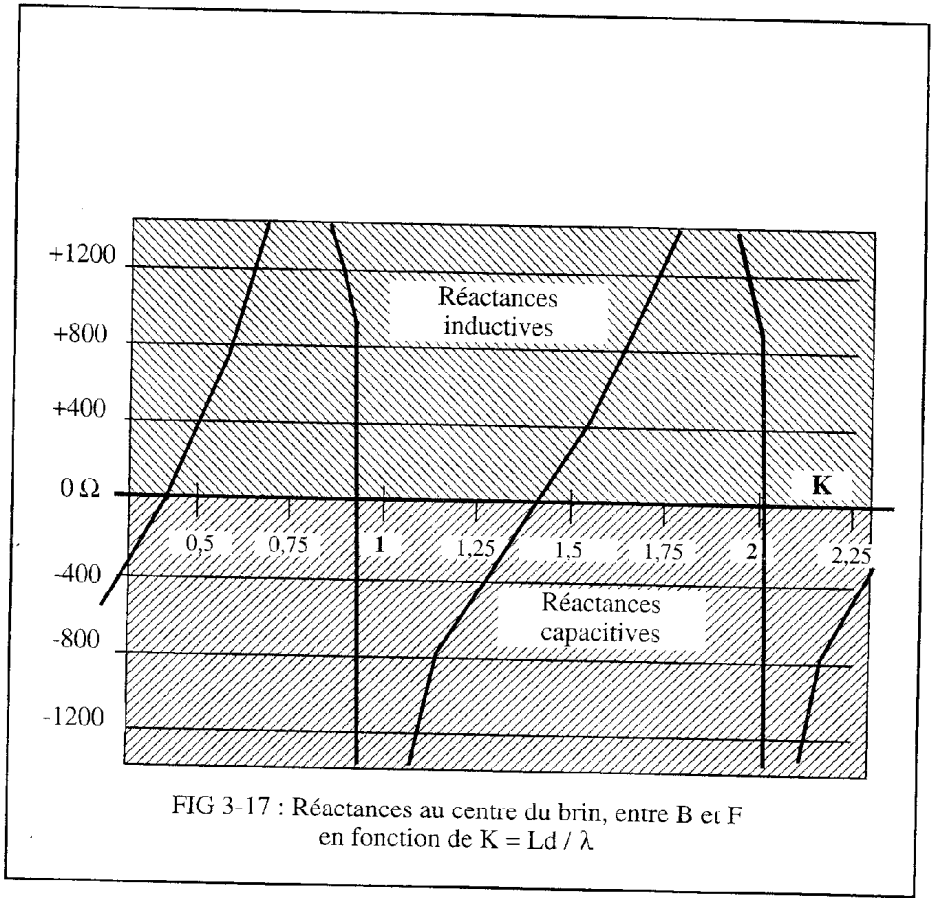


FIG 3-17 : Réactances au centre du brin, entre B et F en fonction de K = Ld / λ

Exemple :

La Lévy de 2 fois 28m, ci-dessus, présente une réactance élevée de +j 1,2 kΩ. L'indicateur +j rappelle son origine **inductive**.

En groupant la résistance et la réactance, on écrit l'impédance Z :

$$Z = 250\ \Omega + j\ 1\ 200\ \Omega$$

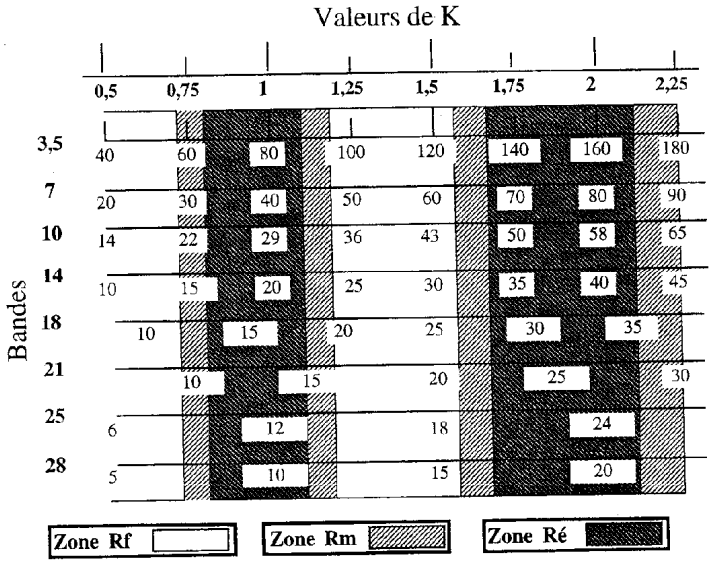


FIG 3-18 : Zones des résistances, en fonction de la longueur du brin et de K (bandes de 3,5 à 28 MHz)

3)- Abaque de conversion (Figure n° 3-18)

Pour éviter, au lecteur, l'ennui des calculs, il donne directement les zones de résistances, en fonction des longueurs **Ld** du brin, arrondies au mètre, sur les fréquences **centrales** des bandes décamétriques entières (graphie et phonie), sauf pour **celle des 10 m**, dans laquelle la fréquence de **28,4 MHz** a été choisie comme fréquence centrale.

Par exemple, un brin rayonnant de longueur électrique Ld = 2 fois 22 mètres = 44 mètres conduit à :

Rf, sur la bande des 80 m,
Rm, sur la bande des 40 m,
Rf (limite Rm), sur la bande des 30 m,
Rm, sur la bande des 20 m, etc ...

Transformation par la ligne bifilaire

Nous avons vu, dans un précédent chapitre, que l'impédance au centre du brin était **transformée** par la ligne bifilaire.

Au bas de la ligne , l'estimation de la **réactance** est particulièrement importante dans le cas de l'utilisation des montages (**coupleur + balun**).

Dans la mise au point des boîtes d'accord à **transfert magnétique**, l'estimation de la **résistance** permet de gagner du temps pour la mise au point de la boîte d'accord.

Lorsque l'on a repéré la partie résistive de l'impédance entre B et F, et connaissant la longueur et l'impédance caractéristique Zo de la ligne bifilaire, un abaque de Smith ou un programme d'ordinateur permet alors l'estimation de la résistance entre C et D, à la sortie de la boîte d'accord.

Si, en l'absence de l'un de ces outils, l'on reste dans le domaine des estimations, il convient de rechercher **les limites** de transformation par la ligne.

On retrouve celles-ci périodiquement, à **chaque tour** sur l'abaque de Smith, rotation qui correspond à **1 demi-onde électrique**.

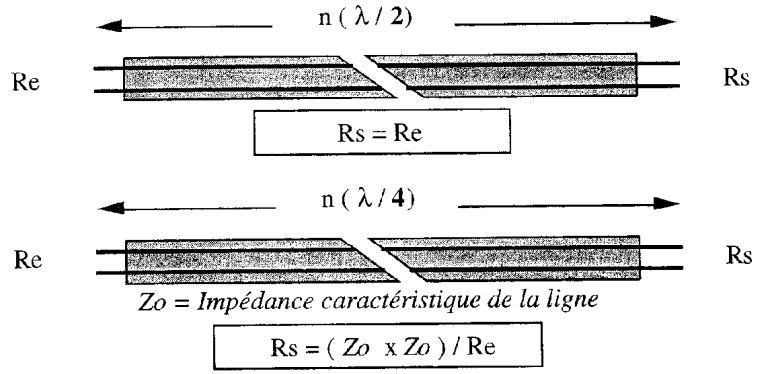


FIG 3-19 : Limites de transformation d'une résistance Re par une ligne d'impédance caractéristique ***Zo***

La **figure n° 3-19** rappelle les propriétés de la demi-onde et du quart d'onde électriques qui fixent ces limites de transformation :

1)- La **demi-onde** (ou un de ses multiples) conserve l'impédance, d'où :

$$R_{(CD)} = R_{(BE)}$$

2)- Le **quart d'onde** (ou un de ses multiples **impairs**) transforme une impédance, en fonction de **Zo, son impédance caractéristique,** selon la formule :

$$R_{(CD)} = (Zo)^2 / R_{(BE)}$$

Exemple n° 1

Soit $R_{(BE)}$ = 800 Ω et Zo = 450 Ω (twin-lead à fenêtres),

$R_{(CD)}$ va évoluer, suivant la longueur de la ligne, entre :

- 800 Ω, au voisinage d'un **multiple de la demi-onde**, jusqu'à :
- $(450)^2 / 800$ = **253 Ω**, au voisinage d'un multiple **impair du quart d'onde**

d'où **253 Ω** < $R_{(CD)}$ < **800 Ω** ===> Zones (Rm) et (Ré)

Exemple n° 2

Soit $R_{(BE)}$ = 100 Ω et Zo = 450 Ω (twin-lead à fenêtres),

$R_{(CD)}$ va évoluer, suivant la longueur de la ligne, entre :

- **100 Ω**, au voisinage d'un **multiple** de λ / 2, jusqu'à :
- $(450)^2 / 100$ = **2 025 Ω**, au voisinage d'un multiple **impair** de λ /4

d'où **100 Ω** < $R_{(CD)}$ < **2 000 Ω** ===> Zones (Rf), (Rm) et (Ré)

L'idée courante, selon laquelle " *l'impédance caractéristique Zo d'une ligne bifilaire n'a pas d'importance* ", n'est pas exacte et peut jouer, à l'OM, un mauvais tour, surtout s'il adopte l'association (Coupleur + Balun).

Même avec le rapport 1 / 4 du balun, on va trouver, dans le cas ci-dessus, **à la sortie du coupleur**, avant le balun :

2 000 / 4 = 500 Ω

Avec la célèbre échelle 600 Ω, c'est encore pire :

- $(600)^2$ / 100 = 3 600 Ω, au voisinage d'un multiple impair de λ /4, soit :

3 600 / 4 = 900 Ω

On peut avoir quitté la plage des résistances possibles à la sortie du coupleur indiquées par son constructeur !

Cas particulier de la demi-onde

Dans le cas d'une ligne dont la longueur électrique est strictement égale **à une demi-onde** (ou à un de ses multiples), la valeur de son impédance caractéristique ne joue pas.

L'explication en est simple : elle consiste à partager cette demi-onde, en 2 quarts d'onde adjacents. Le second **défait** exactement la transformation apportée par le premier.

Faisons parler simplement les chiffres, (résistance d'entrée = 50 Ω) :

1)- Ligne à Zo = 300 Ω.

Transformation du premier quart d'onde: $(300)^2 / 50 = 1800\ \Omega$
Transformation du second quart d'onde: $(300)^2 / 1800 = 50\ \Omega$

50 Ω ==========> 1800 Ω ==========> *50* Ω

λ / 4 λ / 4

2)- Ligne à Zo = 450 Ω.

Transformation du premier quart d'onde: $(450)^2 / 50 = 4050\ \Omega$
Transformation du second quart d'onde: $(450)^2 / 4050 = 50\ \Omega$

50 Ω ==========> 4050 Ω ==========> *50*

λ / 4 λ / 4

Pour toutes les longueurs de ligne autres que n (λ / 2), il y a **transformation**.

Détermination de la résistance entre C et D, au bas de la ligne bifilaire

Elle s'adresse aux OM qui veulent construire une boîte à **transfert magnétique**. En fournissant une idée de la résistance entre les points C et D, elle permet d'estimer le rapport **du nombre de spires** secondaire / primaire (Le primaire est considéré, dans ce chapitre, du côté TRX).

Cette recherche passe d'abord par l'examen de l'abaque de la figure 3-18. Vient ensuite la transformation par la ligne bifilaire.

EXEMPLE

Bande des 30 mètres. Fréquence centrale = 10,125 MHz

- Données **physiques** -

Brin rayonnant = 2 fois 21,5 m (k = 0,97)

Ligne bifilaire = 10,1 m en twin-lead 300 Ω (k = 0,82)

- Transformations en longueurs **électriques** -

On **divise** par le coefficient de vélocité du fil et de la ligne.

Brin rayonnant = 2 fois (21,5 / 0,97) = 2 fois 22,2 mètres,
d'où Ld = 44,4 m.

Ligne bifilaire = 10,1 / 0,82 = 12,34 mètres

L'examen des abaques précédents conduit à estimer, entre B et E, au centre du dipôle, une résistance voisine de 100 Ω accompagnée d'une très faible réactance qui s'explique par le voisinage immédiat de la résonance 3λ / 2.

Les 10,1 m de twin-lead 300 Ω vont ainsi transformer l'impédance 100 Ω +j 0.

Electriquement cette ligne mesure 12,34 mètres.

Sur la bande des 30 m, la fréquence centrale de 10,125 MHz a pour longueur d'onde (300 / 10,125) = **29,6 m**.

La ligne représente 12,34 / 29,6 = **0,417** λ.

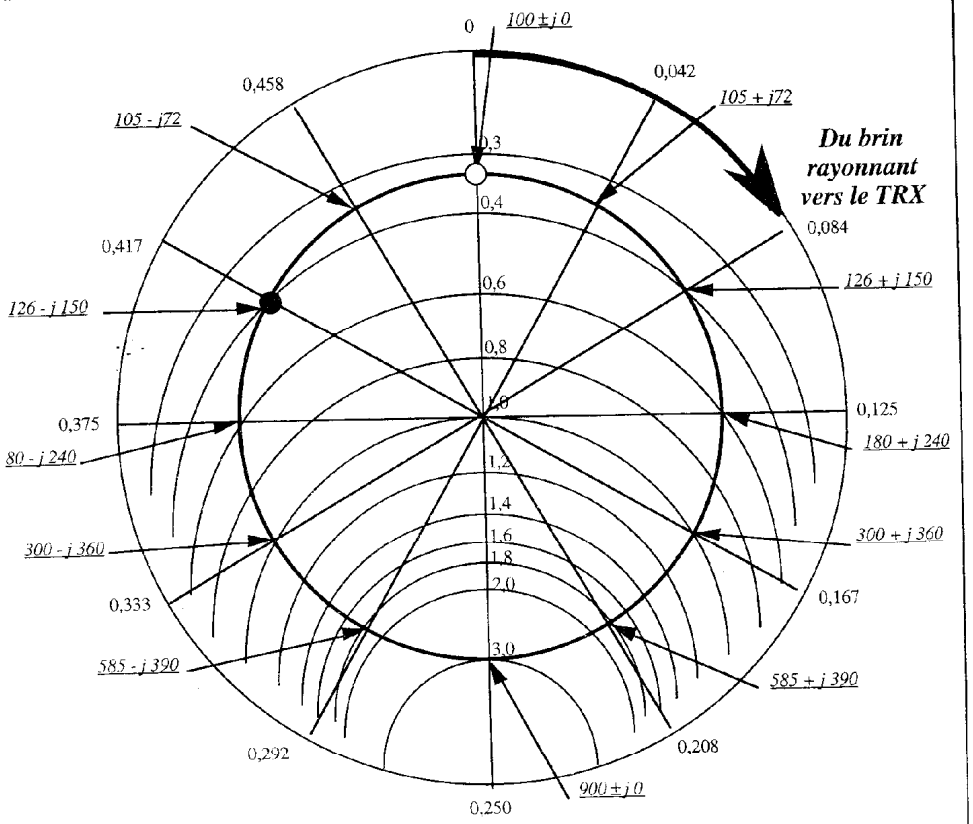


FIG 3-20 : Comment un twin-lead 300 Ω transforme une impédance de 100 Ω + j0

La **figure n° 3-20** montre un extrait d'un abaque de Smith.

Pour simplifier, seuls les cercles de résistance, importants pour cet exemple, sont dessinés; les arcs de cercle des réactances n'y figurent pas.

Quelques indications à l'intention des OM non avertis de ce remarquable outil de résolution graphique qu'est l'abaque de Smith :

1)- Pour que cet abaque soit applicable à **toutes** les valeurs résistives et réactives d'une impédance, ces dernières sont **normalisées**, c'est-à-dire **divisées par l'impédance caractéristique Zo** de la ligne d'alimentation, ici, **300** ohms.

On pourrait prendre une autre valeur de normalisation, mais Zo est la plus commode.

L'impédance 100 +j 0 devient, normalisée, 0,33 +j 0.

Un petit cercle blanc localise ce point, sur l'abaque.

2)- On calcule le ROS :

300 : 100 = 3 /1

et l'on trace, au compas, le cercle **de centre 1,0** (centre de l'abaque) passant par **3,0.** Il est appelé "cercle" ou "grand cercle" de ROS 3.

On constate qu'il coupe **l'axe des résistances** (le seul trait rectiligne de l'abaque) à **0,33.**

Les 360° du cercle correspondent à une *demi-longueur* d'onde.

Pour conserver la clarté du dessin, je les ai partagés en 12 arcs égaux qui représentent chacun (360° / 12) = 30° ou (0,5 λ / 12) = **0,0416...** λ.

Une flèche indique les impédances dénormalisées (ramenées à la réalité, en multipliant par 300), aux intersections avec le grand cercle de ROS 3 :

à **0** λ, départ de la ligne au centre du dipôle, entre B et E, *100 +j 0*
à **0,042** λ, *105 + j72*
à **0,084** λ, *126 +j 150*
etc ...

La ligne mesure électriquement 0,417 λ. Le point d'intersection avec le grand cercle est repéré par un petit cercle noir. Son impédance est *126 -j 150* , ce qui se lit :

" 126 Ω réels *en série avec* 150 Ω réactifs capacitifs".

a)- Le couple ci-dessus se transforme en **305 Ω et -j 256 Ω** lorsque l'on considère la résistance et la réactance *en parallèle.*

Résistance et *réactance* **en série**		Résistance et *réactance* **en parallèle**
126 Ω et *-j 150* Ω	<====>	**305** Ω et *-j 256* Ω

Par convention, une impédance est toujours écrite avec les valeurs correspondant à la mise **en série** des éléments résistif et réactif.

Dans le cadre de cet ouvrage, le remplacement, par l'équivalence parallèle, est indispensable puisque, sur tous les schémas, l'aérien est, directement ou par auto-transfo sur la bobine du circuit oscillant parallèle, **en parallèle** sur tous les éléments du secondaire de la boîte, self et CV ("accord parallèle" du montage F3LG).

-j 256 Ω représentent, sur 10,125 MHz, la réactance d'un condensateur de 61 pF.

b)- Les **305 Ω réels** donnent avec les 50 Ω de l'entrée de la boîte d'accord un rapport d'impédance *secondaire-primaire* égal à 6,1, dont la racine carrée est le rapport du nombre de spires *secondaire-primaire,* ici égal à 2,5 environ.

Par exemple, si les points C et D, au bas de la ligne bifilaire, interceptaient 10 spires, le primaire compterait :

10 / 2,5 = **4 spires**

La démarche ci-dessus est difficile à réaliser par un radioamateur, même averti de l'utilisation de l'abaque, à cause de *la mesure de l'impédance au centre du dipôle.*

Le problème est de se procurer un pont d'impédance **professionnel**, appareil de mesure remarquable par sa réalisation et ... son prix !

Les modèles miniatures à 2 cadrans, l'un gradué en ohms, l'autre en picofarads, ne sauraient convenir. Leurs indications, surtout celles concernant les réactances, sont assez fantaisistes !

Comme l'impédance d'un dipôle varie en fonction de sa distance par rapport à son image, donc de **sa hauteur au-dessus du sol**, la mesure doit être faite, sur chaque bande, à l'emplacement définitif de l'antenne.

Est utilisée, chaque fois, une ligne d'alimentation d'une longueur électrique égale à une demi-onde ou à un de ses multiples.

Que le constructeur d'une Lévy se rassure! Ce processus professionnel n'est pas nécessaire, l'expérimentation le remplace et une bonne estimation fait gagner du temps.
L'inventeur du condensateur variable aurait dû obtenir un prix Nobel !

Quelques Lévy, clés en main

pour lesquelles :

1)- les longueurs filaires sont **électriques**, puisque les lignes possibles (échelle, twin-lead) ont des coefficients de vélocité différents.

Il suffit de **multiplier** chacune par le coefficient correspondant.
En cas d'incertitude, on pourra choisir :

k = 0,97 pour le fil du brin et pour une échelle à grenouille
k = 0,95 pour le twin-lead 450 Ω à fenêtres
k = 0,82 pour le twin-lead 300 Ω

2)- à l'intention des OM qui désirent construire une boîte à transfert magnétique, les estimations des zones de résistance sont données.

- TABLEAU -

donnant les caractéristiques de quelques Lévy particulières classées suivant la longueur (électrique) de leur ligne d'alimentation

Long. Brin	Long. Ligne	80m	40m	30m	20m	17m	15m	12m	10m
2 x 15,55 m	10,20 m	Rf	Rm	Ré	Rm	Ré	Rm	Rm	Rm
2 x 13,75 m	13,55 m	Rm	Rf	Rm	Rm	Rm	Rm	Rf	Rm
2 x 13,95 m	13,60 m	Ré	Rf	Ré	Rf	Rf	Ré	Rf	Rf
2 x 13,50 m	14 m	Rm	Rf	Ré	Rm	Rf	Ré	Rm	Ré

CHAPITRE 4

Le projet d'antenne Lévy (II)

- Ligne et boîte d'accord -

A) - L'échelle (" à grenouille ")

Elle a caractérisé longtemps l'antenne Lévy, elle s'efface peu à peu devant les nouveaux twin-lead, plus légers, moins encombrants, et qui résistent bien aux intempéries.

L'air est un bon isolant pour les bandes décamétriques et l'échelle demeure la ligne bifilaire qui a le moins de pertes.

Pour donner un ordre de grandeur, une échelle présente, en moyenne sur toute l'étendue des ondes décamétriques, une perte **dix fois** inférieure à celle du coaxial RG 8 /U, dans les mêmes conditions de ROS et de longueur.

Par exemple, en ondes progressives (ROS = 1 / 1), pour une ligne de 100 mètres de longueur :

Sur 3,5 MHz :

Echelle : Perte de 0,1 dB (- 2,3% de la puissance)
RG 8 /U : Perte de 1 dB (- 20,6%).

Sur 28 MHz :

Echelle : Perte de 1 dB (- 20,6% de la puissance)
RG 8 /U : Perte de 3 dB (- 50 %).

La comparaison s'arrête là, car le ROS, dans la ligne bifilaire d'une Lévy, est beaucoup plus élevé que dans un câble coaxial.

1)- Sa longueur

La ligne sert uniquement à transporter de l'énergie. Pour une fréquence déterminée, elle n'a pas de longueur imposée. Plus elle sera courte, moins elle présentera de pertes.

Deux points de l'échelle, placés face à face, respectivement sur chacun des fils, sont parcourus par des courants instantanés **opposés** (mêmes intensités, mais de sens contraires). Les potentiels de ces 2 points, par rapport à la terre, sont également **opposés** (mêmes tensions, mais de signes contraires).

Cette disposition symétrique des 2 fils de la ligne bifilaire **annule** les inévitables inductions du brin rayonnant, **quelle que soit la position** de celui-ci par rapport à la ligne.

Une descente en câble coaxial doit demeurer, sur la plus grande longueur possible (au moins un quart d'onde), **perpendiculaire** à son brin rayonnant, afin que son blindage reçoive, de la part de chaque **demi-brin** du dipôle, des inductions **opposées** (au sens algébrique exposé ci-dessus).

Une ligne bifilaire n'a pas cette servitude, ce qui permet de lui faire parcourir le plus court chemin, du centre de la Lévy à l'entrée dans le QRA, et, ainsi, de lui donner la plus courte dimension possible.

Par contre, si elle doit côtoyer de près une masse métallique risquant de déséquilibrer la symétrie par rapport à la terre, en créant une capacité parasite importante avec **un seul** de ses fils, il est préférable de la **vriller** de façon à ce qu'elle présente, face à la masse perturbatrice, successivement, chacun de ses 2 fils.

Cette configuration reste esthétique, on croit voir, s'il s'agit d'une échelle à grenouille, de gracieuses ondes stationnaires, dans le ciel ! Cette procession n'est pas laide !

2)- Son impédance caractéristique Zc

Nous avons vu précédemment que le brin rayonnant pouvait être considéré comme un dipôle **en vibration forcée**. Il présente alors en son centre une impédance **complexe**, composée d'une partie **résistive R** et d'une partie **réactive X.**

Pour que la ligne ait un ROS de 1 / 1, il faut :

$$R = Zc \quad \text{et} \quad X = +j\,0$$

La condition R = Zc est **irréalisable** car, mis à part quelques lignes bifilaires vraiment " amateurs " (twin-lead de ligne téléphonique, câbles Scindex ou Séparatex incolores), la Zc la plus faible, commercialement parlant, est celle du twin-lead 300 Ω.

Une telle Zc ne peut exister sur une échelle, les 2 fils se toucheraient !

Une Zc = 300 Ω entraîne R = 300 Ω. Il faut attendre la 4ème ou 5ème résonance d'un doublet pour avoir une telle résistance, en son centre.

Et si un tel miracle se produisait, il n'aurait lieu que sur une seule fréquence !

En résumé, une ligne bifilaire constituée par une échelle ou un twin-lead transporte **toujours** le courant RF avec un ROS > 1 / 1.

Quelle Zc choisir pour une échelle ?

Considérons ses deux fils dans un même plan. Mathématiquement parlant, l'annulation réciproque du rayonnement de chacun d'eux n'existe que pour les points de l'espace qui sont **équidistants** sur un plan horizontal, c'est-à-dire pour ceux qui appartiennent au **plan vertical médiateur**.

Tous les autres points recevront du fil **le plus proche** une induction **supérieure** et celle-ci ne peut être contrebalancée par celle de l'autre fil, plus éloigné.

Néanmoins ce déséquilibre est faible tant que la distance entre les axes des 2 fils n'excède pas λ / 100.

On voit que, pour l'échelle d'une Lévy qui doit couvrir tout le décamétrique, cette distance ne peut excéder 10 cm, à cause de la bande des 28 MHz.

La **Zc** d'une échelle à fils tendus, sans écarteurs, dépend uniquement de l'espace (é) entre **les axes** des 2 fils et du diamètre (Ø) du cylindre en cuivre du fil.

La formule, présente dans le dernier chapitre, conduit à l'abaque théorique suivant :

- TABLEAU -

qui donne l'impédance caractéristique Zc, en fonction du rapport é / Ø

é / Ø	12	13	14	15	20	25	30	**35**	***40***	***45***
Zc	381	391	400	408	442	469	490	**509**	***525***	***539***
é / Ø	***50***	*55*	*60*	*65*	70	75	100	200	300	500
Zc	***552***	*563*	*574*	*583*	592	600	635	718	767	828

Les dimensions **é** et **Ø** sont exprimées dans une même unité, le mm, par exemple.

L'impédance caractéristique **Zc** est en ohms, sa valeur réelle est toujours inférieure, à cause de la présence des écarteurs et ce, d'autant plus que leur nombre, sur 1 m d'échelle, est grand.

Les valeurs de **(é / Ø)** qui conviennent ordinairement pour du fil de section = 1,50 mm² (Ø = 1,38 mm) sont *en italique* .

Les valeurs de **(é / Ø)** qui conviennent ordinairement pour du fil de section = 2,50 mm² (Ø = 1,78 mm) sont en **gras**.

Les figures n^{os} 3-16 et 3-18 permettent de classer les impédances sur les diverses bandes, au bas de la ligne bifilaire, entre C et D.

Si **la majorité** des bandes donne une résistance dans les secteurs **Rf** ou **Rm** , il convient de choisir, sur le tableau précédent, les valeurs (en écriture italique ou grasse) les plus **faibles**.

Si, au contraire, cette majorité de bandes correspond à **Ré**, on prend les valeurs (toujours en écriture italique ou grasse) les plus **élevées**.

Par exemple , une Lévy classique dont le brin mesure 2 fois 20 mètres, alimentée par une échelle de 20 m, conduit à **Ré** sur les anciennes bandes harmoniques.

Réalisée en fil dont la section du cuivre est 2,50 mm^2 (Ø d'environ 1,8 mm), on choisira **(é / Ø)** = 50, d'où :

é = 50 x 1,8 = 90 mm

Au contraire, si, réalisée avec un même fil, les dimensions d'une Lévy sont voisines de celles d'une antenne G5RV (Brin = 2 fois 15,54 m; Echelle = 10,36 m), elles conduisent sur les bandes harmoniques à **Rf**, on prend **(é / Ø)** = 35, d'où :

é = 35 x 1,8 = 63 mm

Pour une échelle construite avec un fil de Ø compris entre 13 /10 mm et 20 /10 mm, un espacement é, de 70 à 80 mm, réalise un bon compromis.

3) - Les twin-lead

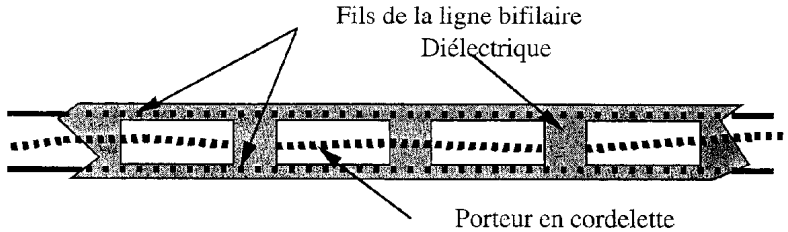


FIG 4-01: Twin-lead à fenêtres avec un porteur

Aux twin-lead traditionnels, dans lesquels le diélectrique est homogène (ce qui leur confère un coefficient de vélocité **k** voisin de 0,8), viennent récemment s'ajouter des twin-lead **à fenêtres**.

Ce sont des hybrides entre le twin-lead homogène, (sur les portions où existe le diélectrique sur toute la largeur) et l'échelle, (dans laquelle le diélectrique est l'air).

Une variété, d'une largeur de 22 mm, est très intéressante, avec **k = 0,95** et **Zc = 450 Ω**.

La présence des fenêtres permet d'y glisser un cordage **porteur**, à la façon du fil d'une machine à coudre (**Figure n° 4-01**).

A noter que le twin-lead **ruban FM** n'est pas utilisable à l'air libre, car la pluie ou une forte humidité font varier ses caractéristiques, ce qui oblige à retoucher les positions des CV sur la boîte d'accord, suivant le WX.

Si un ampli linéaire n'est pas utilisé, il peut tout de même être employé dans un lieu protégé des intempéries (grenier, par exemple), (k = 0,82 et Zc = 300 Ω).

B) - La boîte d'accord

1)- Rappel des zones de résistances

Nous avons vu, dans le chapitre 2, comment les réactances présentes au bas de la ligne bifilaire, entre C et D, pouvaient être annulées, par les éléments réactifs (self ou CV) contenus dans la boîte.

Il reste alors à adapter, aux 50 Ω de la sortie du TRX, la **résistance R**, désormais seule composante de l'impédance entre C et D.

Une répartition statistique des valeurs **pratiques** de cette résistance R amène à les étaler sur 3 zones, en prenant pour limites 300 Ω et 500 Ω.

D'où les indications hachurées de la figure n° 3-16, avec les codes :

Rf quand **R < 300 Ω**

Rm quand **300 Ω < R < 500 Ω**

Ré quand **R > 500 Ω**

Ce partage en 3 zones, indispensable pour une mise au point plus rapide des boîtes à transfert magnétique, est suffisant.

Dans une boîte d'accord pour Lévy, trois types de montage sont principalement employés :

2)- Montage " Coupleur + balun " (Figure n° 4-02)

a)- Principe

Dans le sens (Antenne ===>TRX), nous trouvons un balun réducteur d'impédance 4 /1, qui **divise** théoriquement la résistance et la réactance par **4**, pour les présenter à la sortie du coupleur.

Ce balun est souvent inclus dans le coupleur.

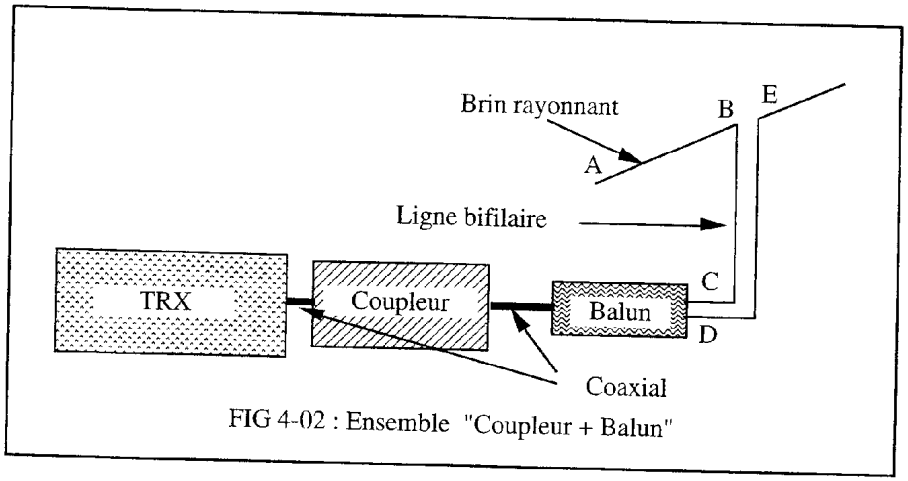


FIG 4-02 : Ensemble "Coupleur + Balun"

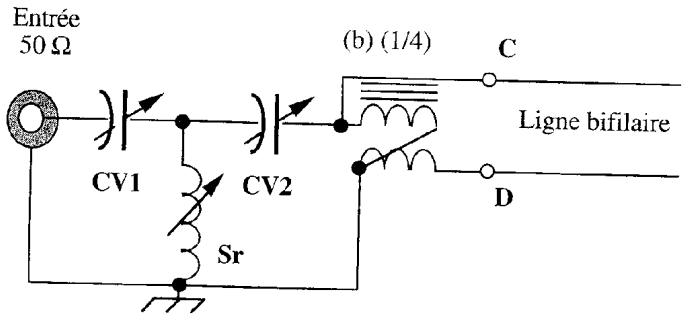


FIG 4-03 : Exemple de schéma "Coupleur + Balun 1/4"

Le coupleur **annule** la réactance et **transforme** la résistance en 50 Ω .

La **figure n° 4-03** donne le schéma, à partir d'un coupleur en " T " passe-haut, (de plus en plus fréquent dans le commerce, pour des raisons d'économie).

Les 2 condensateurs variables en **série**, n'ont pas à supporter un potentiel élevé entre leurs lames, comme dans un Transmatch par exemple.

b)- Limites du coupleur

Un problème peut surgir, principalement dans l'utilisation d'une boîte d'accord automatique, suivie d'un balun-élévateur de rapport 1/ 4.

Par exemple , la notice du constructeur donne pour limites inférieure et supérieure d'adaptation résistive, 25 Ω et 150 Ω.

Nous les retrouvons, entre C et D, multipliées par 4, soit :

100 Ω et 600 Ω

Les résistances présentées par la Lévy, entre C et D, supérieures à 600 Ω, **ne pourront être adaptées**. Il en est de même pour celles inférieures à 100 Ω.

Une parade peut consister à employer un balun de rapport plus élevé, 1/ 6, comme celui utilisé sur les FD4, FD3, qui va fournir la plage d'adaptation entre :

150 Ω et 900 Ω

Mais le problème est déplacé vers les résistances inférieures à 150 Ω.

c)- Limites du balun

La présence d'un balun, à la sortie d'un coupleur, peut poser de sérieux problèmes quand :

R = Ré
et/ou X < -j 1,5 kΩ
et/ou X > +j 1,5 kΩ.

Ces difficultés se trouvent toutes dans la zone Ré.

Pourquoi ?

(1)- Rendement

Nous avons vu que le balun classique transfère principalement l'énergie RF **magnétiquement** sur les fréquences basses de sa bande passante, et de plus en plus **électriquement**, sur les fréquences élevées, par capacité.

Il est un ensemble complexe, que l'on dessine, pour simplifier, comme un autotransformateur, mais sur lequel il conviendrait d'ajouter souvent des condensateurs de liaison !

Les O.M de ma génération se souviennent peut-être des transformateurs Moyenne-Fréquence, qui contenaient des capacités entre primaire et secondaire.
Leur fonctionnement était proche de celui d'un balun, mais, évidemment, sur une fréquence unique !

(2)- Problème du nombre de spires

Supposons un balun de rapport 1/4, sur poudre de fer, avec R = 1 kΩ, entre C et D.
On aura à son entrée, donc à la sortie du coupleur, la résistance r = (R / 4) = 250 Ω.
Pour pouvoir conserver, sur toutes les bandes, un coefficient de surtension Q peu élevé, (de façon à ne pas avoir à munir les CV de démultiplicateurs), la faible perméabilité de la poudre de fer conduit à un **nombre élevé** de spires, qu'on ne peut faire passer dans "l'oeil" du tore.

(3)- Problème de saturation du ferrite

Sa grande perméabilité peut conduire à **une saturation** lorsqu'il doit opérer sur des résistances élevées (zone Ré).

Commence alors un cercle vicieux redoutable :

- Le ferrite s'échauffe, sa perméabilité diminue, son rendement décroît.
- Il s'échauffe encore plus, sa perméabilité diminue considérablement, son rendement décroît encore plus vite.
- A la température du point de Curie, la perméabilité tombe à 1, celle de l'air.

Cela se termine souvent, hélas, par la destruction du balun !

Pendant ce temps, le balun se transforme souvent en émetteur sur les UHF.

Par un processus assez mal connu, il génère des fréquences aléatoires, sans lien mathématique avec celle du courant RF qu'il transforme.

En résumé :

• L'ensemble " *Coupleur + Balun / élévateur d'impédance* " existe commercialement, sinon, il est aisé d'adjoindre un tel balun à un coupleur existant.

• Des problèmes sérieux sont à redouter sur les bandes où la Lévy doit être alimentée en haute impédance (zone Ré), avec une forte réactance.

3)- Boîtes à transfert électrique

Elles utilisent les propriétés des circuits en " L ", que nous avons vues au chapitre 2.

Comme il existe le circuit en " L " **passe-haut** et son homologue **passe-bas**, cela nous conduit à 2 montages. Pour passer de l'un à l'autre, il suffit de permuter self(s) et condensateur(s).

a)- Boîte à deux " L " symétriques passe-haut (Figure n° 4-04)

Le balun **(b)** est alimenté entre ses bornes (1) et (4 ou 5 = la masse). Chacun de ses enroulements présente une résistance équivalente de 25 Ω.

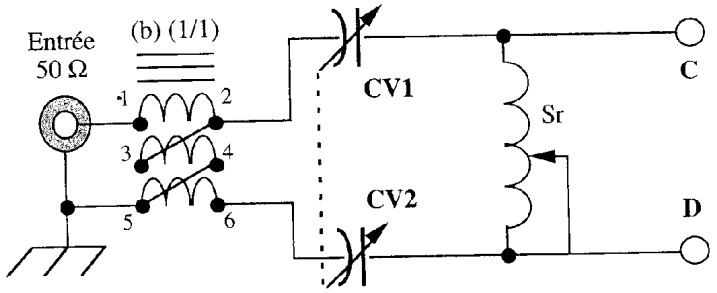


FIG 4-04 : Boîte à 2 "L" symétriques passe-haut

A ses bornes (2 ou 3) et (6), on recueille deux tensions opposées par rapport à la masse (bornes 4 ou 5).

Il s'agit d'un symétriseur 50 Ω / 50 Ω.

En imaginant la masse **au centre** de la partie active de **Sr**, la self à roulette, on retrouve, de part et d'autre de la masse, deux circuits en " L " passe-haut symétriques :

- celui avec CV1, entrée borne (2), sortie en C,
- celui avec CV2, entrée borne (6), sortie en D.

Une parfaite symétrie de la partie filaire de la Lévy imposerait, à chaque réglage, une même capacité pour CV1 et CV2.

Deux CV **identiques** sont souhaitables. On économise un bouton en les faisant tourner ensemble (jeu de 3 pignons isolants, montage analogue à celui des aiguilles de cadran sur les vieux BCL, etc...).

Munis de cadrans **semblablement** gradués, les deux CV peuvent garder leur autonomie de rotation.

Quelques picofarads de plus dans la capacité de l'un d'eux par rapport à celle de l'autre, permet, dans le cas de Lévy difficile à équilibrer électriquement, un accord impeccable. Mais il faut un bouton de plus !

Valeurs typiques

CV1 et **CV2** = 300 pF, isolés de la masse, lames mobiles et carcasse du côté des sorties du balun.

Self à roulette (Sr) standard de 28 µH (35 tours 3/4, diamètre = 5 cm).

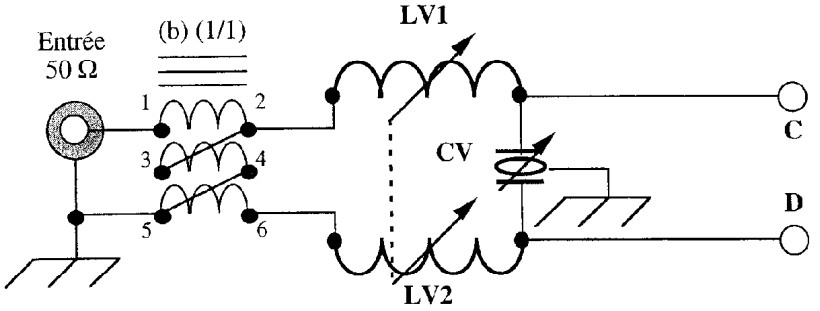


FIG 4-05 : Boîte à 2 "L" symétriques passe-bas

b)- Boîte à deux " L " symétriques passe-bas (Figure n° 4-05)

La permutation des éléments réactifs conduit à ce schéma, techniquement plus parfait que le précédent, puisque **passe-bas** (atténuation des harmoniques).

Les selfs à inductances variables LV1 et LV2 peuvent être à roulette, avec un dispositif mécanique qui entraîne une rotation commune.

Entre C et D, il est préférable d'utiliser un CV à double-cage et de mettre à la masse ses lames mobiles.

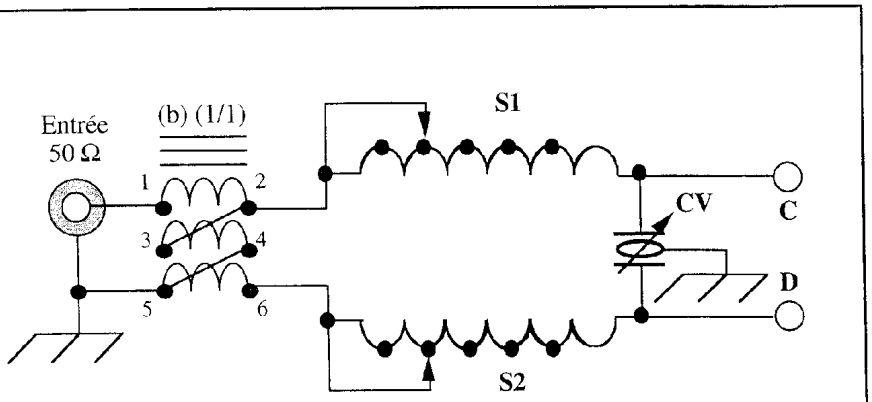


FIG 4-06 : Boîte à 2 selfs commutées

Si, à la résonance, la résistance présentée par la Lévy, entre C et D, appartient à **Rf** ou même à **Rm**, ce qui conduit à un faible coefficient de surtension des circuits en " L ", LV1 et LV2 peuvent être remplacées par deux bobines ordinaires semblables (**Figure n° 4-06**).

Un commutateur court-circuitera sur chacune (du côté balun) un même nombre de spires, à rechercher expérimentalement.

Les deux selfs seront placées dans la boîte d'accord de façon à ce que leurs axes soient perpendiculaires, pour ne pas être couplées magnétiquement.

Valeurs typiques

LV1 et **LV2** = 7,5 µH, soit :

- au pas (distance entre les axes de 2 spires adjacentes) de **5 mm** :
  - 15 spires sur un Ø = 60 mm
  - 13 spires sur un Ø = 65 mm
  - 12 spires sur un Ø = 70 mm
- au pas de **4 mm** :
  - 13 spires sur un Ø = 60 mm
  - 12 spires sur un Ø = 65 mm
  - 11 spires sur un Ø = 70 mm

CV = 175 pF soit, pour un double-cage, 350 pF par cage.

Dans certains cas bien particuliers de Lévy très courtes, (comme celles installées dans un grenier, par exemple), qui présentent entre C et D, une résistance inférieure à 50 Ω, il peut être nécessaire, sur certaines bandes, de transformer le montage en double "L" **abaisseur d'impédance**.

Pour cela, il suffit de déplacer le CV double cage pour le connecter entre les bornes 2 et 6 du balun.

4)- Boîtes à transfert magnétique

Ce mode de transfert d'énergie n'utilise pas les propriétés des circuits en " L ", comme le faisaient les montages ci-dessus.

Traversée par le courant RF, en provenance du PA, une bobine (ou une partie de bobine) B_1 crée des lignes de champ magnétique, lesquelles induisent un courant dans un autre bobinage B_2, placé au voisinage du premier.

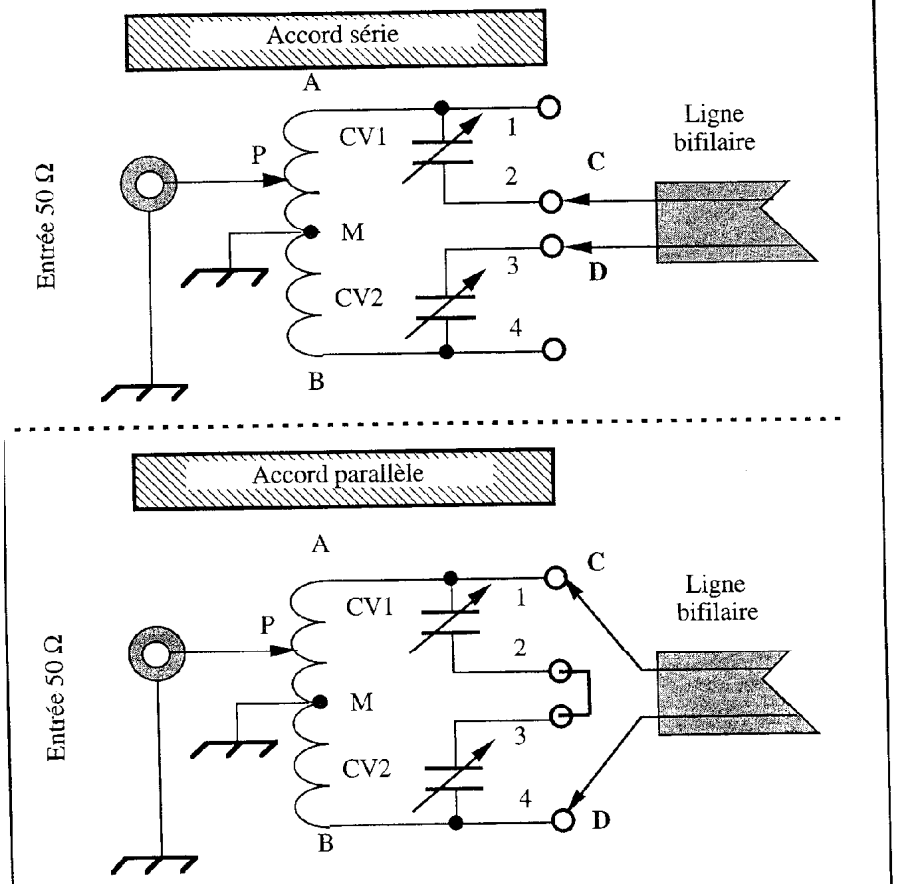


FIG 4-07 : Boîte d'accord F3LG

Dans un montage transformateur, ces deux selfs, qui constituent le primaire et le secondaire, sont distinctes.

L'énergie est ainsi transférée **sans continuité électrique** entre l'antenne et le TRX.

Ce modèle de boîte d'accord est très intéressant puisqu'il s'oppose naturellement à la transmission du courant **statique** ou de la **foudre**, de l'aérien au TRX.

a) Autotransformateur F3LG (Figure n° 4-07)

Ce montage est un des plus anciens. Il a été vulgarisé en France par F3LG.

Deux condensateurs variables, semblables, CV1 et CV2, sont montés à demeure dans un coffret. Une self interchangeable **AB** réalise, avec eux et la réactance présente entre C et D, un circuit oscillant.

Chaque bobine possède quatre "pattes" connectées respectivement :

- aux extrémités **A** et **B** de la self,
- à son point milieu **M**, réuni à la masse,
- au point d'arrivée **P** de l'âme du coaxial, en provenance du TRX.

Quatre sorties (numérotées de 1 à 4 sur la figure), permettent deux configurations distinctes :

- un montage dans lequel **tous les éléments sont en série** : la self AB, les deux CV et la Lévy (*entre les sorties 2 et 3*). Il est nommé " *accord série* ".

- un montage dans lequel **tous les éléments sont en parallèle** : la self AB, les deux CV, grâce au court-circuit des sorties 2 et 3 et la Lévy (*entre les sorties 1 et 4*). Il est appelé " *accord parallèle* ".

Le premier concerne, sur la figure n° 3-18, les impédances de la zone Rf et de la partie gauche de Rm; le second celles de la zone Ré et de la partie droite de Rm.

A l'époque, on donnait à l'antenne Lévy des dimensions **précises** qui, sur les cinq bandes décamétriques harmoniques, donnaient entre C et D, des impédances parfaitement adaptées aux possibilités de l'un ou de l'autre de ces deux montages extrêmes.

Valeurs typiques du coupleur 3LG

CV1 = CV2 = 200 pF

Self AB (selfs interchangeables) :

Longueur = 10 cm **Ø** = 60 mm
Section du cuivre = 20 /10 mm (15 /10 mm pour la self 80 m)

- TABLEAU -

qui donne les nombres de spires en fonction de la bande choisie

Bandes	**80 m**	**40 m**	**20 m**	**15 m**	**10 m**
N.spires(AB)	30 sp	16 sp	10 sp	6 sp	4 sp
N.spires(PM)	5 sp	(*)	(*)	(*)	1 sp

(*) : à établir expérimentalement

b) Boîte d'accord Mac Coy 1966 (Figure n° 4-08(a))

L'autotransformateur publié par F3LG est simple; il a rendu (et continue de rendre) de grands services.

Sa mise au point peut présenter, cependant, sur les bandes hautes, des difficultés à cause de la capacité résiduelle de chacun des CV.

En effet, sur la bande des 10 m, par exemple, il est prévu seulement 4 spires pour (AB). L'expérimentation peut conduire à **1 spire (ou moins)** pour (PM). D'autre part, au fur et à mesure que l'on monte en fréquence, s'accroît la difficulté pour trouver le point exact d'implantation de P.

Les différentes versions de la **boîte d'accord Mac Coy**, publiées à partir de 1966, font appel aux propriétés du couplage mutuel.

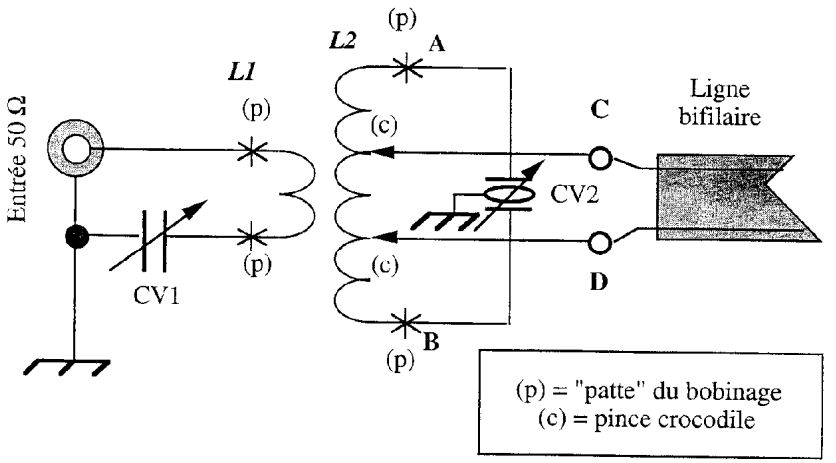


FIG 4-08 (a) : Boîte d'accord Mac Coy 1966

Le couplage mutuel

Lorsqu'on rapproche les bobines de deux circuits oscillants, susceptibles de résonner sur des fréquences voisines, ces circuits perdent leurs caractéristiques propres, et ce, suivant la manière dont ils sont couplés.

L'ensemble de ces deux circuits est assimilable à un **troisième**, évidemment **fictif**, mais dont on peut profiter des nouvelles caractéristiques, **différentes** de celles des 2 circuits d'origine.

La rotation d'une self par rapport à une autre self fixe (comme dans un variomètre), l'insertion d'une partie seulement des lignes de champ d'une bobine mobile dans celles d'une autre bobine fixe, le déplacement axial de l'une par rapport à l'autre, etc..., ont été employés pour assurer la variation du couplage mutuel.

L'ingéniosité des O.M a conduit à des montages **mécaniques** fiables, mais toujours très encombrants !

On a préféré donner aux 2 bobines des positions **fixes** et jouer sur les **fréquences de résonance** de chacun de leurs circuits, pour en modifier les caractéristiques.

Ce principe est général : on ne fait pas autre chose, lorsqu'on adapte une Quad à 2 éléments, en modifiant le périmètre (donc la fréquence de résonance) de son réflecteur.

Dans la boîte Mac Coy, le générateur RF (le PA du TRX) est chargé par un circuit oscillant **série**, constitué de L1 et CV1.
Celui-ci est couplé, à demeure, à un circuit oscillant **parallèle**, constitué de L2 et CV2.

Le bobinage composé de L1 et de L2 est interchangeable. Il compte 4 " pattes ", repérées par (p) sur le dessin. Sur le haut de "L2", deux pinces crocodile (c) recueillent le courant RF pour la ligne bifilaire.

Dans une des premières versions, L1 et L2 avaient un même diamètre. L2 était partagée en 2 moitiés, chacune placée de part et d'autre de L1.

CV2 a toujours été un CV à double cage. Sa carcasse (et ses lames mobiles) étant à la masse, il pouvait être directement vissé dans un coffret métallique, sans flector isolant, et sans effets de main !

Une autre version possédait les selfs L1 et L2 coaxiales, avec L1 au-dessus de L2.

Valeurs typiques du Mac Coy 1966

CV1 = 335 pF CV2 = 2 fois 200 pF

- TABLEAU -

qui donne les caractéristiques des selfs, en fonction de la bande choisie

Bandes	80 m et 40 m	20 m	15 m et 10 m
L1	6 sp	2 sp	1 sp (intérieure)
Ø L1	75 mm	75 mm	50 mm
L2	2 fois 14 sp(*)	2 fois 3 sp(*)	4 sp (**)
Ø L2	75 mm	75 mm	75 mm

(*) : de part et d'autre de L1
(**) : en ligne, les 4 spires réparties sur 80 mm

Espacement entre spires = 4 mm (sauf sur 15 et 10 m)
Fil de cuivre nu ou étamé de Ø = 20 /10 mm

Je rappelle que, dans ce chapitre, les valeurs typiques, concernant les nombres de spires des bobinages, sont celles qui correspondent aux pires situations de réactance (réactance inductive, au sommet de la " spirale ".

Il est préférable d'avoir à supprimer, aux extrémités d'une self, 1 ou 2 spires, plutôt que d'avoir à en construire une nouvelle !

c) Version moderne du Mac Coy (Figure n° 4-08(b))

Pour supprimer la réactance et transformer, en 50 Ω, la résistance, *on peut agir sur trois paramètres* :

- le nombre de spires de la partie active de L1,
- le nombre de spires, sur L2, entre C et D,
- le nombre de spires, sur L2, entre A' et B', aux bornes de CV2.

(Sur la bande des 80 m, grâce aux calculs concernant la self L2, A' est en A, et B' est en B).

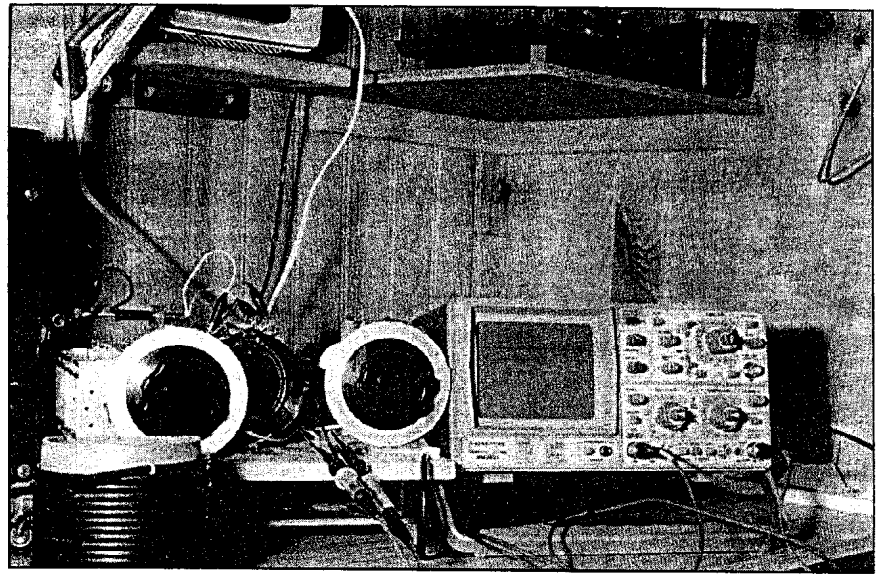
On démontre mathématiquement et on vérifie expérimentalement que l'on peut **se dispenser de modifier** un de ces 3 paramètres. Les variations de deux suffisent.

En recherchant expérimentalement un compromis et en soudant définitivement sur L2, les points C et D, on n'a plus besoin que de 3 voies de commutation :

- une, pour déplacer P sur L1,
- une, pour court-circuiter un certain nombre de spires, entre A et A',
- une, pour court-circuiter le même nombre de spires, entre B et B'.

Dans le chapitre 6, sera décrite d'une façon détaillée, l'expérimentation conduisant au positionnement de ces différents points.

Les CV sont disposés, sur le schéma, de manière à pouvoir mettre à la masse leur carcasse et leurs lames mobiles.



Mise au point d'un prototype à transfert magnétique

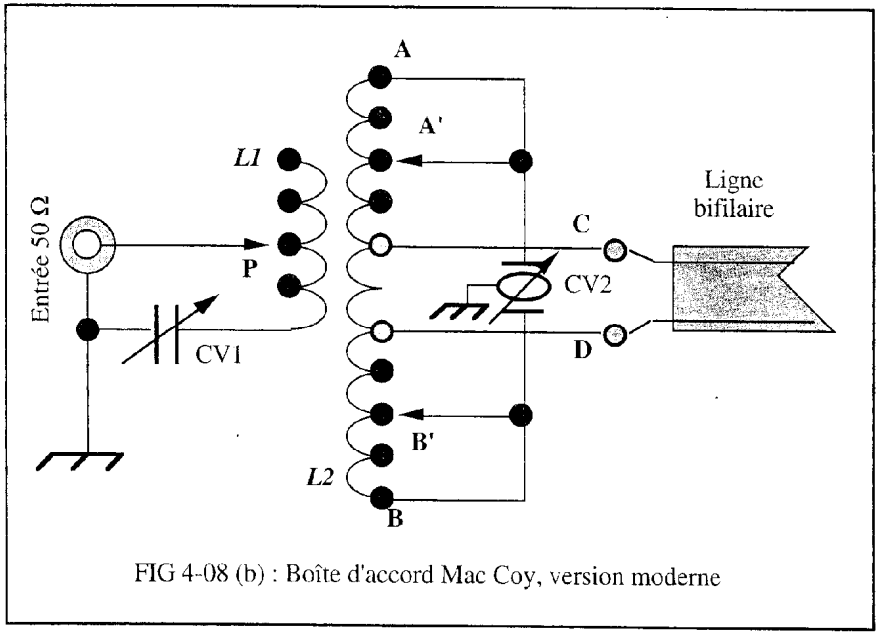


FIG 4-08 (b) : Boîte d'accord Mac Coy, version moderne

Valeurs typiques (Mac Coy transformateur)

Les deux selfs L1 et L2 sont coaxiales.
L1, d'un diamètre supérieure à celui de L2, est centrée.

Circuit primaire

CV1 : de 450 à 500 pF.

Inséré dans un circuit oscillant série, la tension crête-à-crête à ses bornes est peu élevée. Il n'y a pas lieu de choisir un modèle de CV à lames écartées.

Une cage des CV double cage jadis utilisés dans les BCL à tubes, d'une capacité de 490 pF, convient parfaitement.

L1 : La self L1 est bobinée en fil de cuivre nu de 4 mm² de section (Ø = 2,25 mm), avec un pas de 5 mm.

- TABLEAU -

*qui donne le nombre de spires **n**, en fonction du diamètre **Ø** de la bobine.*

Ø en mm	60	65	70	75	80	85
n	8	7	7	6	6	5

Circuit secondaire

L2 : Comme L1, la self L2 est bobinée en fil de cuivre nu de 4 mm² de section (Ø = 2,25 mm), avec un pas de 5 mm.

Son diamètre Ø' est choisi en fonction de celui de L1, en y retranchant **15 mm**.

Son nombre de spires **n'**, dépend de Ø' et de la capacité maximale **C de chaque cage** de CV2.

Pour calculer la capacité aux bornes A' et B', il faut diviser C par 2, puisque les 2 cages sont en série.

- TABLEAUX -

qui donnent, pour chaque valeur de CV2,
le nombre n' de spires, en fonction de Ø'.

CV2 = 2 fois 300 pF

Ø' en mm	50	55	60	65	70
n'	36	30	26	24	21

CV2 = 2 fois 350 pF

Ø' en mm	50	55	60	65	70
n'	31	27	23	21	19

CV2 = 2 fois 400 pF

Ø' en mm	50	55	60	65	70
n'	28	24	21	19	17

CV2 = 2 fois 500 pF

Ø' en mm	50	55	60	65	70
n'	23	20	17	16	14

Commutation

Elle est **à 3 voies** avec les curseurs P, A', B'.

5 directions suffisent, car on retrouve plusieurs bandes sur une même direction.

Par exemple :

(80 m) - (40 m) - (30 m et 20 m) - (17 m et 15 m) - (12 m et 10 m)

Suivant les données de l'expérimentation, cette répartition peut être différente.

Pour réaliser cette commutation, il suffit de 2 galettes (en stéatite ou porcelaine), chacune à 2 circuits (**2 curseurs - 6 directions** pour chaque galette).

Ces 2 galettes nous donnent 4 voies, alors que 3 suffisent.

On peut câbler **en parallèle** les cosses face-à-face, sur 2 demi-galettes en vis-à-vis, (par exemple celles du bas), pour les affecter au circuit du curseur P.

Les contacts seront ainsi doublés sur le passage du courant RF qui est le plus intense, puisqu'il circule dans le circuit primaire, en basse impédance.

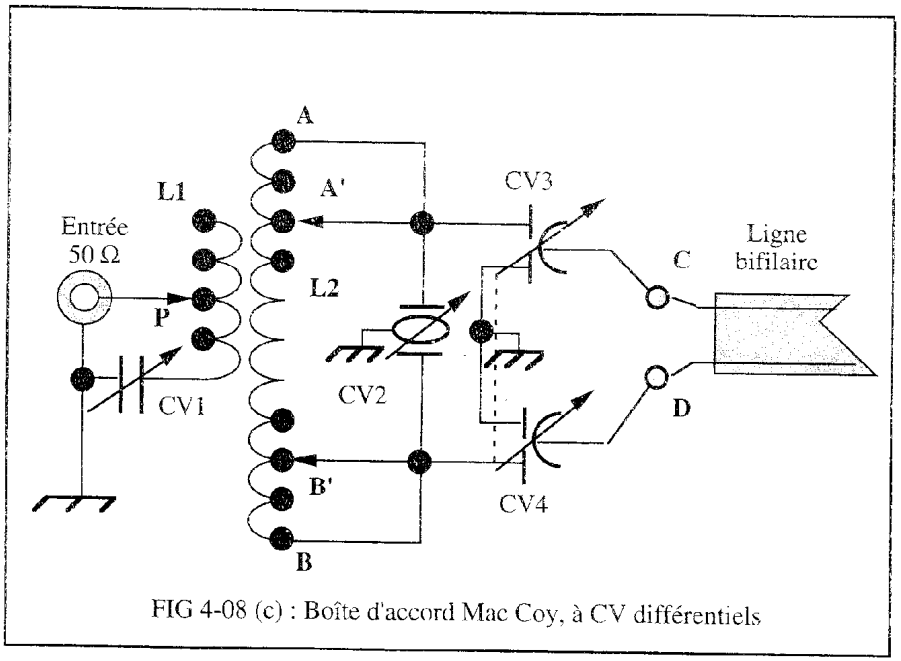


FIG 4-08 (c) : Boîte d'accord Mac Coy, à CV différentiels

Version à CV différentiels (Figure n° 4-08(c))

Dans la mise au point de cette boîte, plus n'est besoin de rechercher expérimentalement, sur la self du circuit oscillant parallèle, les points **C** et **D** d'arrivée de la ligne bifilaire.

Le rapport de transformation, obtenu ci-dessus par des **nombres différents de spires** entre celles *interceptées par CV2* et celles *situées entre C et D*, l'est, ici, par des **capacités différentes** de part et d'autre des lames mobiles des CV différentiels CV3 et CV4, couplés pour une même rotation.

Il ne faut pas confondre un CV double-cage, comme CV2, et un CV différentiel, comme CV3 :

Dans un CV double-cage , les capacités de chaque cage varient dans le même sens. Elles augmentent ou diminuent **ensemble.** Les paquets de lames mobiles entrent ou sortent **en même temps** de leurs ensembles correspondants de lames fixes.

Dans un CV différentiel , les capacités de chaque cage varient en sens contraires. En fait, il y a un seul ensemble de lames mobiles et 2 groupes distincts de lames fixes. Quand les lames mobiles s'enfoncent dans l'un de ces groupes, elles sortent de l'autre.

La boîte d'accord compte ainsi un bouton de plus, pour le réglage commun de CV3 et de CV4.

Ce schéma est donné pour mémoire, car, pour l'amateur, la vraie difficulté est de trouver, en France, des CV différentiels.

Une firme allemande commercialise une boîte d'accord de ce type, mais avec plusieurs bobinages commutés. Il est vrai qu'elle fabrique ses propres CV !

Notons cependant que certains CV *double-cage papillons* démontables peuvent être convertis en CV différentiels.

Les OM, qui ont la possibilité de réaliser ce montage, prendront dans les tableaux de données des selfs, celles qui correspondent à CV2 seul.

Les 2 cages d'un CV différentiel sont toujours **en série**.

- Dans ses deux positions **extrêmes**, l'une n'a plus, pour capacité, que **sa résiduelle**, quelques pF.
Le CV entier a une capacité encore plus faible, à cause de l'autre cage en série !
Alors, seul CV2 intervient pratiquement dans le calcul du circuit oscillant parallèle.

- Au contraire, dans sa position médiane, la capacité du CV différentiel est la moitié de celle d'une cage.
On trouve alors, en parallèle sur CV2, **un quart** de la capacité d'une cage, puisque CV3 et CV4 sont en série aux bornes de la self.
Ce n'est plus négligeable, comme précédemment. Ainsi, le réglage de la Lévy sur une fréquence déterminée impose **d'agir alternativement** sur les boutons de CV2 et de CV3-CV4.

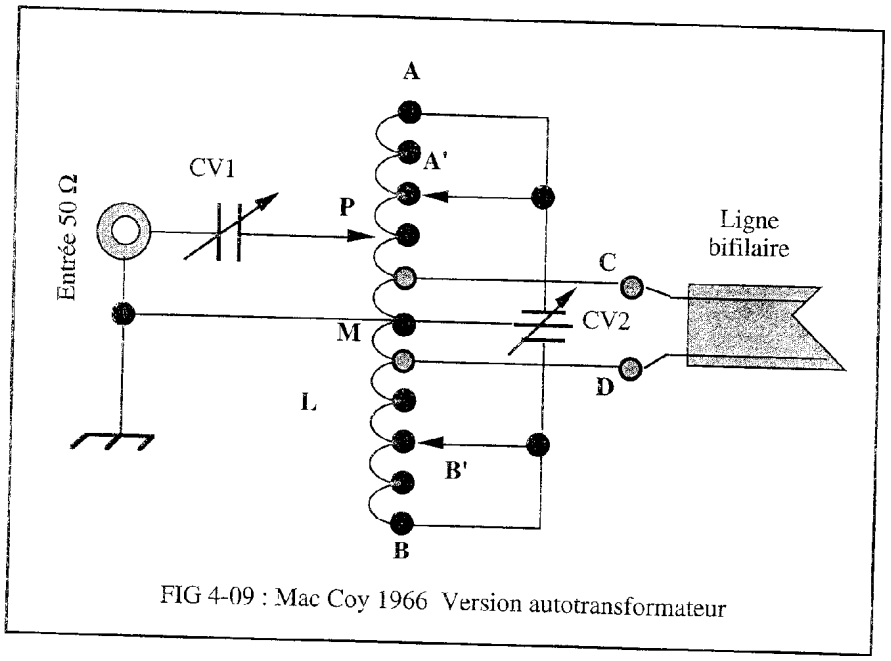


FIG 4-09 : Mac Coy 1966 Version autotransformateur

d) Version auto transfo du Mac Coy (Figure n° 4-09)

Beaucoup d'OM hésitent à munir leur station d'une Lévy, parce qu'ils redoutent la difficulté de construire et surtout de mettre au point la boîte d'accord qui, contrairement à un coupleur, est **spécifique**.

La réalisation d'un bobinage à 2 selfs coaxiales peut les faire hésiter davantage.

La version **autotransformateur**, pour laquelle une **seule** self **L** est à bobiner, est le montage **le plus simple** pour réaliser une boîte à transfert magnétique.

Comme dans le coupleur F3LG, la self **L** a son point-milieu **M** à la masse. CV1 doit être isolé de la masse, puisqu'il se trouve entre l'entrée 50 Ω et **P**.

La commutation est semblable à celle de la version transformateur.

Valeurs typiques (Mac Coy auto transfo)

Self L : En fil de cuivre nu de 4 mm² (Ø = 2,25 mm), au pas de 5 mm.
Son inductance dépend essentiellement de la capacité de CV2. Les tableaux suivants donnent le nombre de spires n, en fonction du diamètre de la bobine.

- TABLEAUX -

*qui donnent les nombres **n** de spires ne fonction de la capacité du CV*

- sur un diamètre de 60 mm -

CV, en pF	2 x 300	2 x 350	2 x 400	2 x 500
n	26	23	21	17

- sur un diamètre de 70 mm -

CV, en pF	2 x 300	2 x 350	2 x 400	2 x 500
n	21	19	17	14

Transformation d'une boîte F3LG à selfs interchangeables, en Mac Coy autotransformateur

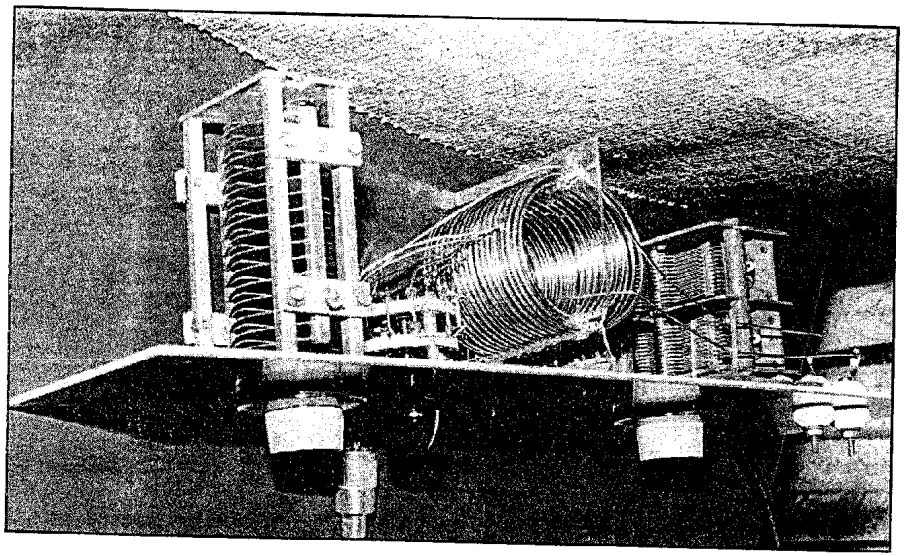
- Dans le coffret, le branchement " **accord parallèle** " est installé à demeure, et CV1, **isolé de la masse**, est inséré entre l'entrée et la borne femelle qui recueille la " patte " P des selfs.

- Sur chaque self, il faut, expérimentalement, **déplacer la soudure de P**, en allant vers le milieu M de la bobine, car le nombre de spires, entre P et M, est inférieur à celui présent dans la partie primaire apériodique de la boîte F3LG.

- Deux fiches banane femelle ou deux cosses sont soudées, après recherche expérimentale, sur le sommet de chaque bobine, pour le départ de la ligne bifilaire (points C et D).

e) Boîte d'accord SA / 9HJ (1ère version) (**Figure n° 4-10**)

C'est un transformateur dans lequel les 2 fonctions d'une boîte d'accord (suppression de la réactance et transformation, en 50 Ω, de la résistance restante) sont réalisées dans le circuit primaire.
Le secondaire, chargé par l'antenne, n'est pas accordé, d'où le nom que j'ai donné à cette boîte (SA = Secondaire Apériodique).



Boîte SA - 9HJ sur panneau frontal

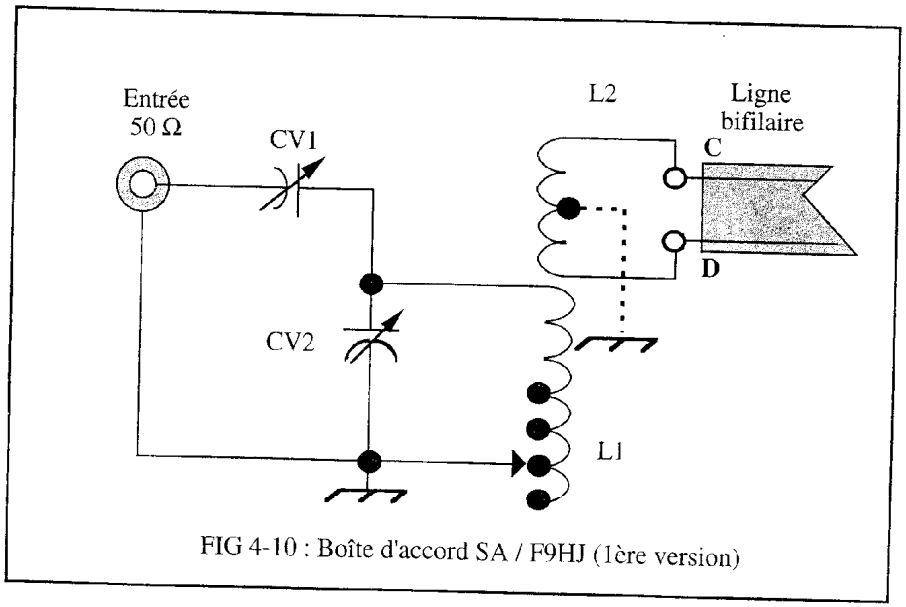


FIG 4-10 : Boîte d'accord SA / F9HJ (1ère version)

La mise au point est simple puisque la commutation est réduite à **1 voie dans 6 directions**. Quelquefois, 5 suffisent.

Dans la première version, les 2 bobines L1 et L2 étaient coaxiales, avec L2 à l'intérieur de L1.
Pour avoir un couplage magnétique suffisant entre les 2 selfs, sur les bandes hautes, L2 devait être glissée au niveau de la partie active de L1, celle connectée à CV1.

Il est plus simple d'aligner, sur un même axe, L1 et L2, à l'opposé des points commutés de L1. Les deux selfs ont alors le même diamètre.

La symétrie de la partie filaire de la Lévy est imposée, en mettant au potentiel de la masse le **centre de la bobine L2**.

Il est difficile de donner des valeurs typiques, car CV1 et CV2 interviennent tous les deux dans le circuit oscillant.

CV2 est directement connecté aux bornes de la partie active de L1. Quant à CV1, il l'est aussi, mais à travers la résistance interne de 50 Ω du générateur.

Voici quelques valeurs typiques pour L1 et L2, sur un Ø de **60 mm**.

Elles sont classées en fonction des capacités croissantes de CV1 et CV2.

Les deux selfs sont distantes de 10 à 15 mm.

TABLEAUX
des valeurs typiques SA / 9HJ

CV1	CV2	L1	L2
250 pF	220 pF	16 spires	12 spires
275 pF	350 pF	13 spires	9 spires
300 pF	400 pF	12 spires	8 spires
350 pF	450 pF	11 spires	7 spires

f) Boîte d'accord SA / 9HJ (nouvelle version)

Dans ce montage (**Figure n° 4-11**), CV2 est un double-cage, dont la carcasse et les lames mobiles sont connectées à la masse, ce qui confère à l'ensemble une très bonne symétrie.

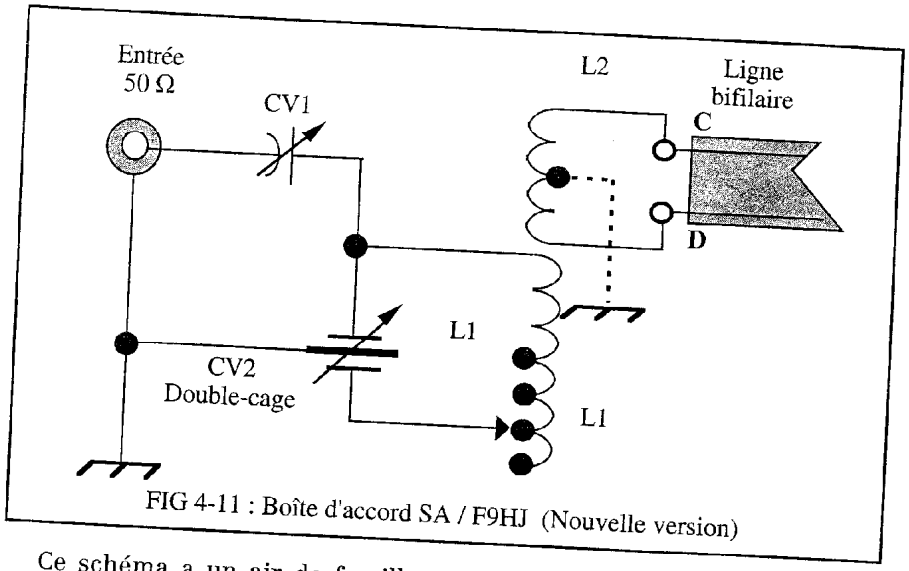


FIG 4-11 : Boîte d'accord SA / F9HJ (Nouvelle version)

Ce schéma a un air de famille avec le précédent et pourtant il est nettement différent.

A titre documentaire, la **figure n° 4-12** donne son équivalence électrique, avec un circuit en " $\pi + C$ " *inversé*, mais avec un bien curieux " π ", qui transmet magnétiquement son énergie par sa self L1 !

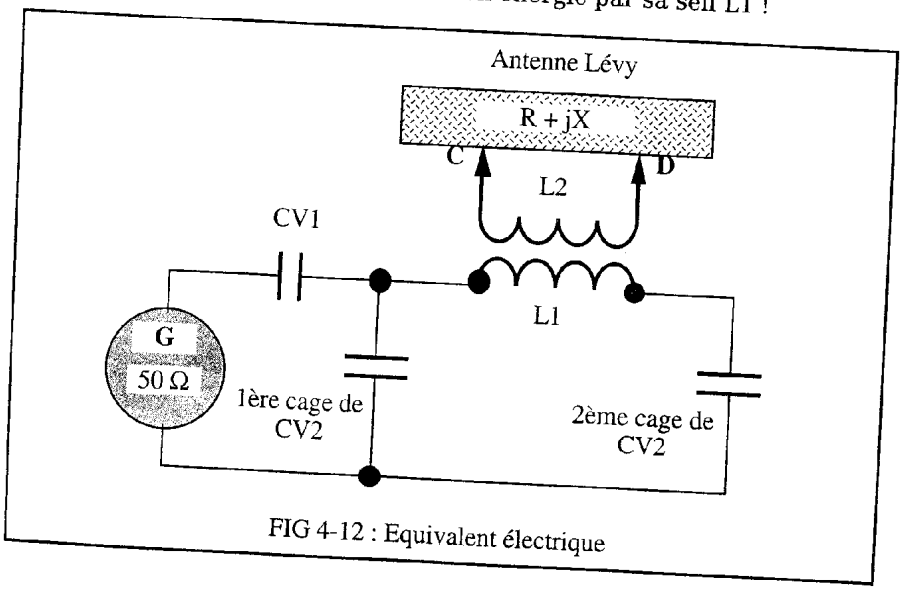


FIG 4-12 : Equivalent électrique

Sa mise au point est aussi aisée que le montage précédent. Les nombres de spires des deux selfs dépendent également des deux CV, avec une prépondérance de la capacité de CV2.

Voici les caractéristiques chez une station existante (Lévy de 2 fois 20 m, alimentée par une échelle longue de 15 m). Les deux selfs sont coaxiales :

L1 : 14 spires d'un Ø de 70 mm

L2 : 13 spires d'un Ø de 60 mm

CV1 = 350 pF CV2 = 2 x 270 pF

CHAPITRE 5

La construction de l'antenne Lévy

Construction de la partie filaire

1)- Le brin rayonnant

a)- au centre du dipôle

Le centre du dipôle doit supporter la ligne bifilaire, d'où la nécessité d'y placer un pylône ou un poteau.
Si ce dernier est métallique, l'isolateur central sera éloigné d'un mètre environ, grâce à une potence réalisée en cornière, par exemple.

Il est toujours bon d'utiliser des poulies et des drisses, permettant de descendre l'antenne, sans avoir à faire de l'escalade.

Deux poulies suffisent : l'une à l'extrémité de la potence, l'autre près de sa fixation sur le mât.
Choisir un diamètre de cordage tel que celui-ci ne puisse se coincer, entre les joues et le réa (la roue) de la poulie.

Parmi les cordages, la drisse en Nylon tressé est celui qui pose le moins de problèmes.

Suivant la rigueur du climat, on peut choisir un diamètre de 18 /10 mm (section de 2,50 mm²) à 22 /10 mm (section de 4 mm²) pour le toron du fil de cuivre.
Le point d'alimentation, au centre du brin, est **un point faible** à cause du pliage à angle droit. Un fil **à plusieurs brins** y résiste davantage.

Sous revêtement plastique, les fils des genres HO7VVF, HO5 ou HO7VK (utilisés pour le câblage des armoires électriques) résistent longtemps aux intempéries.

L'action d'un isolant, sur le rayonnement d'un conducteur, est pratiquement négligeable en ondes décamétriques

Si une échelle est prévue, il est recommandé d'utiliser **une même longueur de fil** pour réaliser, sans la couper, les parties ABC et DEF, (une moitié du brin suivie du fil correspondant de l'échelle).

Sur l'isolateur central

L'utilisation d'un isolateur de type " tibia " simplifie l'installation du centre de la Lévy.

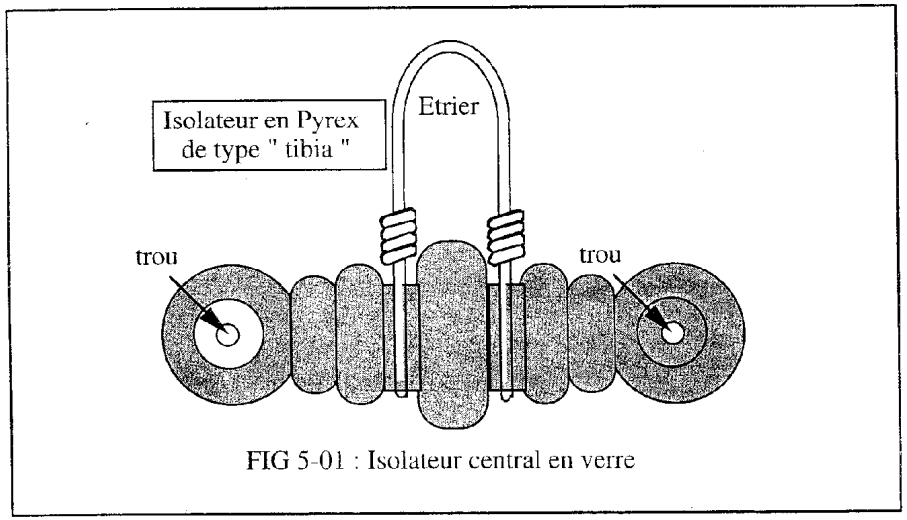


FIG 5-01 : Isolateur central en verre

Ceux en verre Pyrex (**Figure n° 5-01**) sont de plus en plus difficiles à trouver. Ils sont remplacés par un modèle en matière plastique (**Figure n° 5-02**), qui convient également, sans être aussi lourd.

On confectionne avec un fil de laiton, de bronze, ou de cuivre, **de forte section**, un **étrier** centré sur l'isolateur grâce aux cannelures (Pyrex) ou aux deux disques (matière plastique).

La drisse, provenant de la poulie extrême, est noué dans le " U " ou le "V" inversé, au sommet de l'étrier.

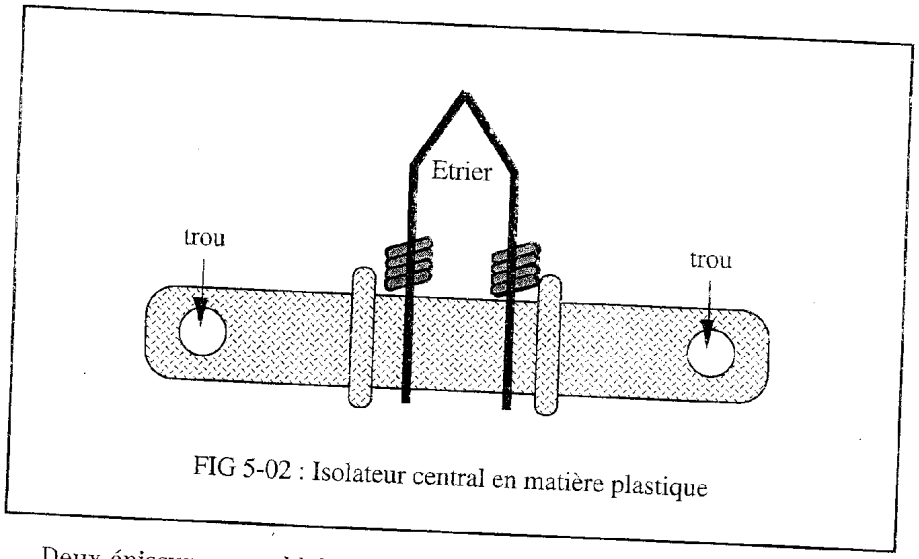


FIG 5-02 : Isolateur central en matière plastique

Deux épissures, semblables à celles réalisées par les monteurs PTT sur les " tasses " des anciennes lignes 600 Ω, bloquent le fil lors de son passage dans le trou de l'isolateur.

Un fil de fer de 1,15 mm de diamètre, recouvert de plastique vert, utilisé par les jardiniers, peut servir pour effectuer les ligatures. Il est passé dans le trou, **en sens contraire** du fil d'antenne, puis bobiné énergiquement sur ce dernier (**Figure n° 5-03**).

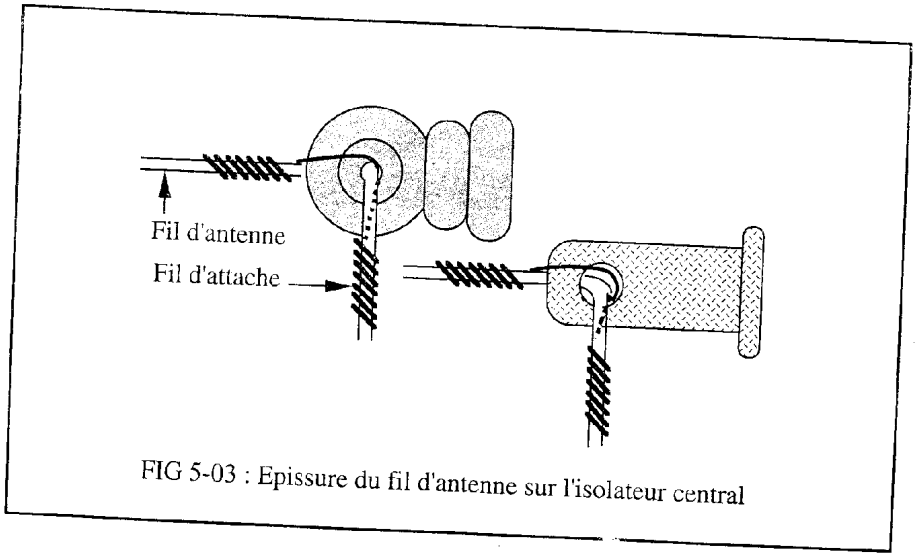


FIG 5-03 : Epissure du fil d'antenne sur l'isolateur central

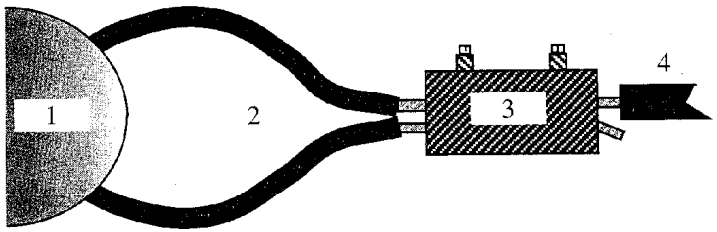


FIG 5-04 : Fixation sur un isolateur terminal

b)- sur l'isolateur terminal (Figure n° 5-04)

Dans la mesure du possible, il faut **éviter les soudures** sur les fils d'antenne. Avec le temps et malgré leur protection d'origine, elles se craquellent, se fissurent, et finissent en poussière blanche mélangée au vert-de-gris de l'oxyde de cuivre.

Après avoir enlevé le revêtement plastique du fil d'antenne (4), à l'extrémité de celui-ci, et à une distance permettant de faire la boucle (2), on choisit un " domino " débarrassé de son habillage plastique (3), qui a un tunnel d'un diamètre suffisant pour laisser passer deux épaisseurs de fil, côte à côte.

Il doit être enfilé avant la formation de la boucle dans le trou de l'isolateur (1) et maintenu à l'endroit où le revêtement plastique a été enlevé.

La partie dénudée de l'extrémité est enfin enfoncée dans le corps du " domino ", parallèlement à l'autre section dénudée, puis **tordue** à 45° environ.

Un bon serrage des deux vis, une couche de peinture ou de vernis, pour protéger l'ensemble de la pluie et de l'humidité, terminent la réalisation de cette fixation.

Si la ligne bifilaire est prévue en twin-lead, le montage de la figure n° 5-04 est réalisé aux deux bouts du demi-brin rayonnant.

Côté isolateur central, le fil dénudé de l'extrémité du twin-lead est glissé, après avoir traversé l'isolateur, dans le corps du " domino ", avant le serrage des deux vis. Il peut éventuellement être ligaturé à la partie supérieure de la boucle.

Ce montage lui épargne toute traction de la part du brin rayonnant.

Si les mâts terminaux sont en métal, il convient de laisser 20 cm entre la poulie, directement fixée sur le poteau, et l'isolateur.

Les OM bricoleurs peuvent construire, en Plexiglas épais (ou en collant, avec du trichloroéthylène, plusieurs épaisseurs de Plexiglas mince), un isolateur central triangulaire avec un trou proche de chaque sommet du triangle. Celui du haut sera destiné à la suspension, ceux de la base à la fixation de chaque demi-brin d'antenne.

Les isolateurs terminaux pourront avoir une forme de rectangle allongé.

Dans ces constructions, la seule précaution à prendre est de **chanfreiner** le bord des trous, **des 2 côtés**, afin que le fil ne soit pas détérioré par l'angle vif en Plexiglas.

2)- L'échelle

Si la distance entre les deux trous de l'isolateur central est peu différente de celle prévue entre les axes des 2 fils, on l'adoptera comme distance **D**, entre les axes des 2 fils.

On peut envisager la construction des écarteurs à partir de Plexiglas ou de tube en PVC de faible diamètre, employé en jardinage pour réaliser de petits tunnels.

a)- Ecarteurs en Plexiglas (Figure n° 5-05)

Dans une feuille de Plexiglas, de 3 mm ou de 4 mm d'épaisseur, on découpe des rectangles d'une largeur de 15 mm environ. Leur longueur est **D**, à laquelle on ajoute 20 mm, de façon à ce que le centre de chacun des deux trous soit à 10 mm des extrémités.

Ces 2 trous sont percés, sur le grand axe de la lamelle, avec un foret de 3 mm.

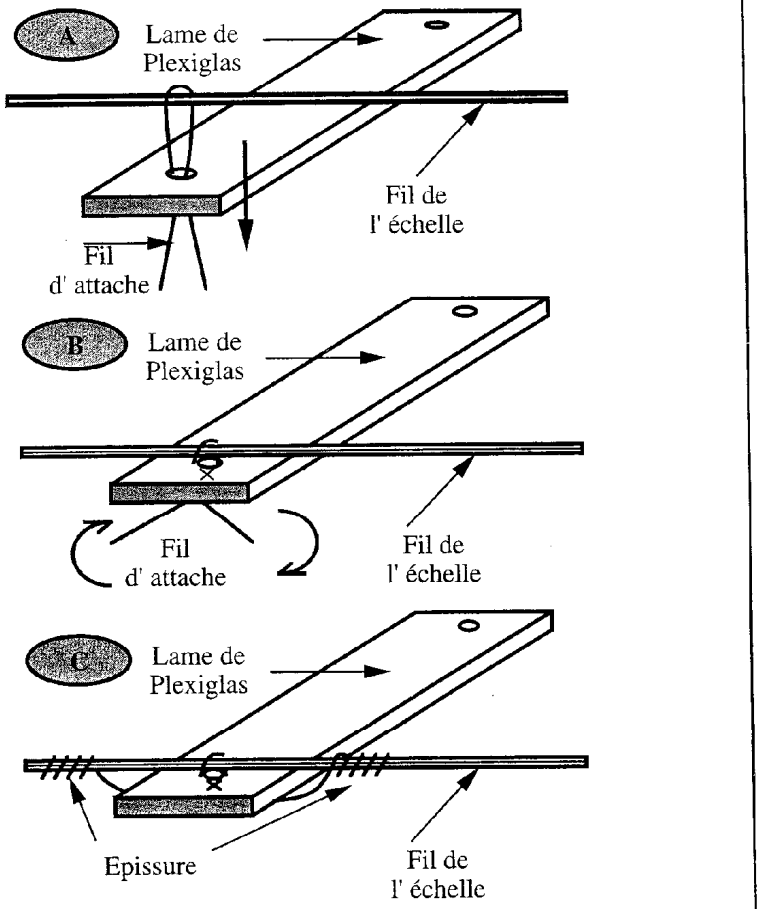


FIG 5-05: Fixation des écarteurs de l'échelle

La distance entre deux écarteurs peut varier entre 70 cm (fil de 2,50 mm²) et 90 cm (fil de 4 mm²). Elle est également fonction de l'activité du vent. On a intérêt à utiliser **le plus petit nombre** d'écarteurs.

Pour la fixation des 2 fils de l'échelle, on réalise, en fil sous plastique vert de jardinage mentionné plus haut, des épingles à cheveux. Le fil de l'échelle traverse le haut de l'épingle (Dessin A).

On tire vers le bas les 2 pointes de l'épingle et on les torsade pendant toute la traversée de l'épaisseur du Plexiglas (Dessin B).

Les longueurs de fil, qui dépassent de la lame de Plexiglas, sont pliées à angle droit, parallèlement au fil d'antenne, puis énergiquement épissées sur ce dernier, à gauche et à droite de la largeur de la lamelle (Dessin C). Quatre tours suffisent.

Cette fixation est solide et permet aux écarteurs de rester dans un plan **parallèle** à celui des 2 fils de l'échelle.

Une échelle est le plus souvent verticale ou oblique. Les écarteurs, ainsi fixés, ne sont jamais horizontaux, comme le seraient des marches d'escalier.

Ils ne peuvent ainsi retenir beaucoup de neige.

b)- Ecarteurs en tube PVC (Figure n° 5-06)

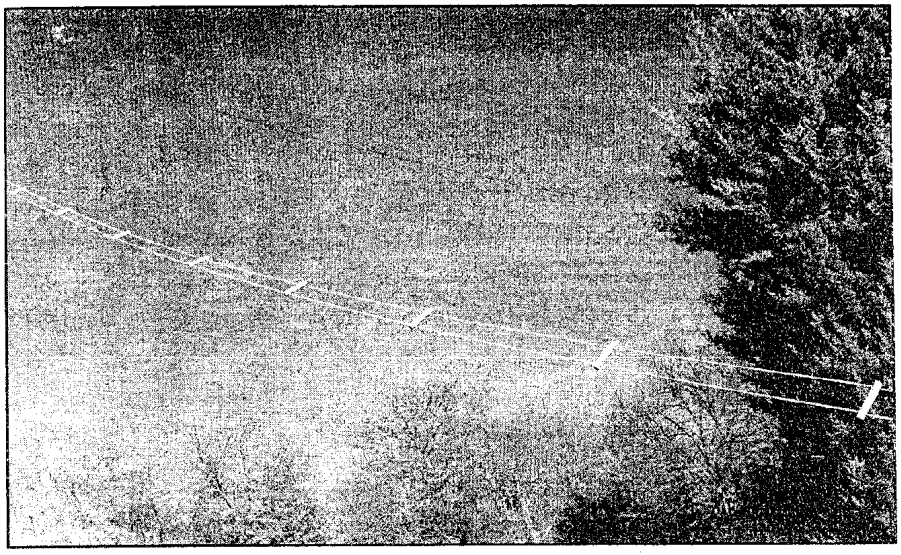
On trouve, dans le commerce du jardinage, des tubes en PVC de faible diamètre. Ces tubes sont découpés en morceaux, d'une longueur égale à la largeur de l'échelle augmentée de 30 mm, car dans ce montage, le fil de l'échelle va traverser le tube.

Pour cela, deux trous d'un diamètre égal ou très légèrement supérieur à celui du fil de l'échelle (de préférence recouvert de plastique) sont percés, bien parallèles, à 15 mm des extrémités du barreau.

Pour couper ces morceaux de PVC et les percer sans difficultés, il est recommandé de faire un gabarit avec 3 tasseaux de bois assemblés en "U", à la largeur du tube PVC.
Ce gabarit, qui comporte une butée pour positionner correctement le barreau, est fixé avec précision sous la perceuse.

Le premier trou percé, on fait exécuter au morceau de PVC un demi-tour.
La base d'un foret de même diamètre est engagée dans le trou déjà percé. Grâce à ce foret, maintenu bien vertical, le perçage du second trou se fera également vertical, sans difficultés.

Lorsque tous les morceaux de tube possèdent leurs 4 trous, on enfonce, à chaque extrémité, un bouchon de papier, à 3 ou 4 cm de profondeur, de façon à ce que le niveau des 2 trous face à face soit largement dépassé.



Echelle avec écarteurs en tube PVC

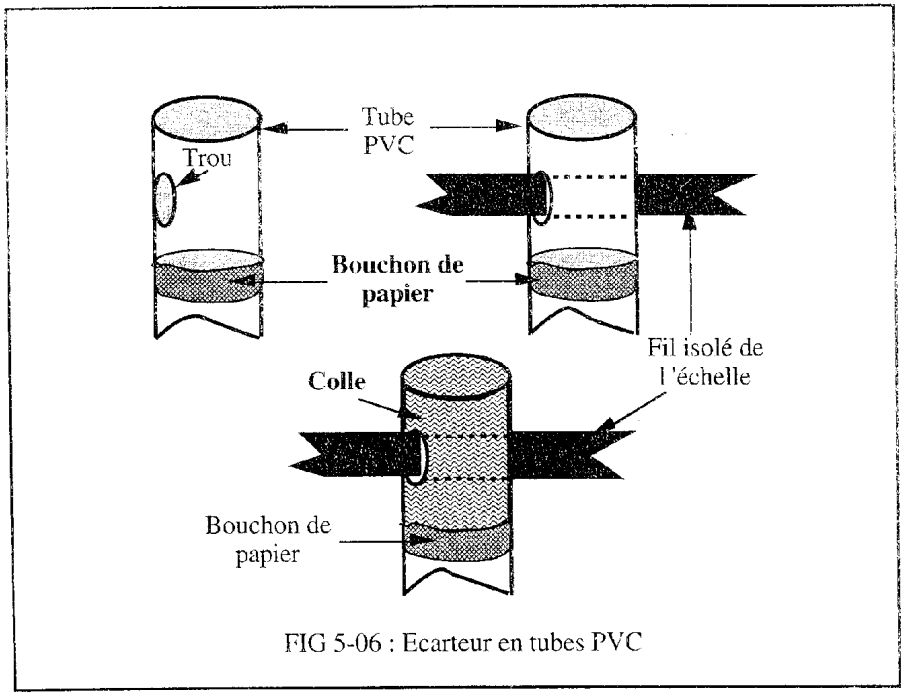


FIG 5-06 : Ecarteur en tubes PVC

Installation et fixation, sur les fils, des écarteurs en PVC

Les 2 fils de l'échelle sont tendus, parallèles, séparés par la distance prévue, sur toute leur longueur. Pour les fixer, à chaque bout, on peut employer deux chaises, lestées, chacune, par 1 ou 2 parpaings.
Les 2 fils seront amarrés par un noeud simple, sur la barre supérieure du dossier des chaises.

Ce dispositif permet facilement de disposer les écarteurs en Plexiglas, ou d'enfiler ceux en PVC, par une extrémité de l'échelle puis, après avoir refait les 2 noeuds, et de les répartir régulièrement tout au long.

L'utilisation d'un gabarit en bois, dont la longueur correspond à la distance prévue entre 2 écarteurs consécutifs, permet de gagner du temps.

Lorsque sont employés des morceaux de tube en PVC, les 2 noeuds, aux extrémités d'un **même** fil, sont défaits.
La future échelle tourne d'un quart de tour vers le bas et présente alors verticalement ses écarteurs, qui pendent, accrochés au seul fil tendu.

Au sommet de chaque écarteur, l'espace jusqu'au bouchon de papier, traversé par le fil tendu de l'échelle, est **rempli de colle chaude**, grâce à un pistolet.

Ce collage est suffisant dans la grande majorité des cas.

Cependant, si cette échelle doit supporter souvent un vent violent, on peut, avant de remplir l'espace, placer autour du fil, **à l'intérieur du tube**, un petit collier cranté blanc en matière plastique, qui disparaîtra dans la masse de colle.

Ce collier est **énergiquement** serré afin **d'écraser légèrement** l'isolant plastique du fil de l'échelle. Le surplus de sa bande crantée est coupée. On peut alors remplir l'espace.

A défaut de pistolet à colle , on constitue une pâte assez fluide, en faisant dissoudre des chutes d'Epoxy dans du trichloroéthylène.

On agite et remue jusqu'à ce que les petits morceaux d'Epoxy ne soient plus visibles. On parvient à une **pâte fluide** qui remplacera la colle chaude.

Il est important de **bien laisser sécher** tous les écarteurs suspendus au même fil, avant de retourner l'échelle d'un demi-tour, pour entreprendre

le collage de l'autre extrémité des écarteurs, sur l'autre fil de l'échelle, qui sera, à son tour, tendu.

Ces opérations seront réalisées à l'air libre, à cause de la toxicité du trichloroéthylène sur l'appareil respiratoire humain.

c)- Trajets de l'échelle

- Echelle libre arrivant sous le rebord du toit

De l'isolateur au centre du dipôle, jusqu'à son arrivée sur la maison, l'échelle se balance dans l'espace, agressée par le vent, par mauvais temps.

Le dispositif de la **figure n° 5-07**, sur laquelle l'échelle (1) est représentée de **profil**, permet de faire absorber, sur chacun des 2 fils, la poussée du vent, par un ressort (4), .

Le rebord du toit est renforcé par un rectangle épais, en aggloméré, en latté ou en contre-plaqué (6).
Dans cette plaque sont vissées 2 cornières métalliques (5), percées à leurs extrémités, pour permettre la fixation des ressorts (4). Elles sont distantes entre elles d'une longueur d'écarteur.

Un isolateur (3), ici du type "oeuf", est ligaturé sur chaque fil de l'échelle (1), par les épissures (2), disposées de façon à ce qu'une traction existe sur l'échelle.

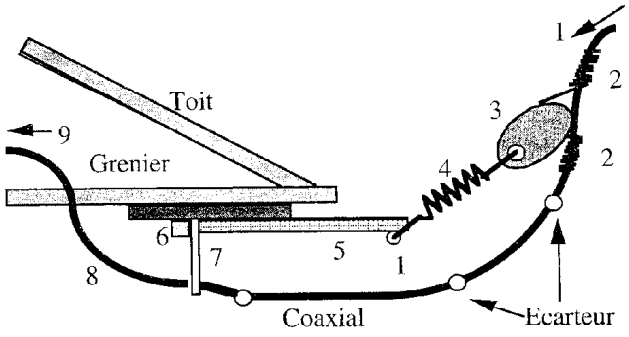
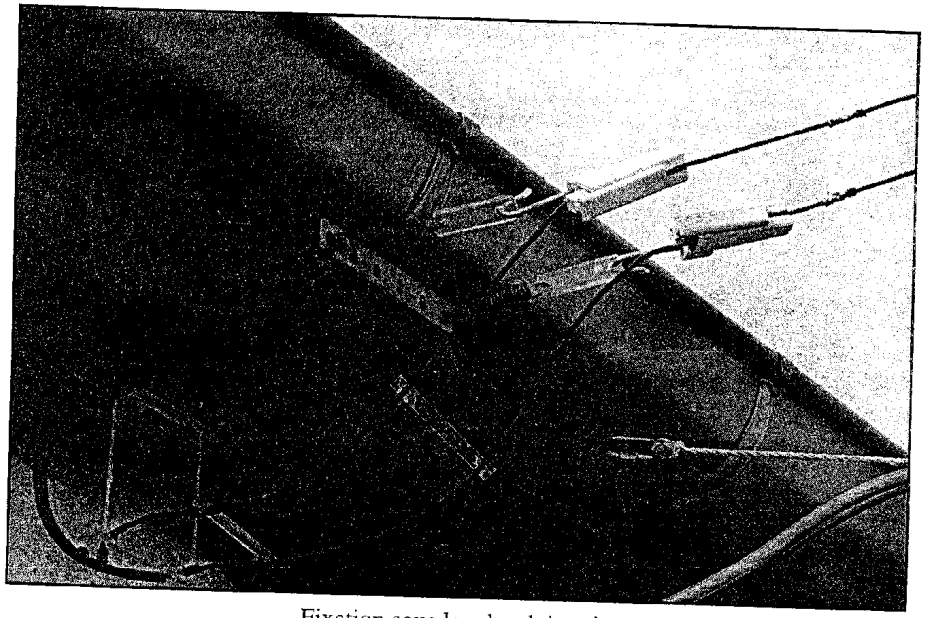


FIG 5-07 : Arrivée de l'échelle sous le rebord du toit



Fixation sous le rebord du toit

Cet isolateur peut être remplacé par un rectangle épais de Plexiglas, percé de 3 trous alignés sur sa grande médiane :

- l'un, près de l'extrémité, est prévu pour le crochet du ressort,
- les deux autres, éloignés l'un de l'autre, sont destinés à bloquer le fil, qui, arrivant par exemple au-dessous du morceau de Plexiglas, va le traverser, cheminer dessus jusqu'au trou suivant, pour se retrouver de nouveau au-dessous de l'isolateur.

Les campeurs reconnaîtront le principe des tendeurs des cordages de tentes.

Un rectangle de Plexiglas (7), de 4 mm d'épaisseur, de 10 cm de long environ, est disposé **verticalement**, fixé à (6), par un tasseau, à l'extrémité de la cornière, côté immeuble.

Sa largeur est celle de l'échelle augmentée de 4 cm. Deux trous disposés sur une horizontale vont permettre aux 2 fils de l'échelle de traverser ce rectangle. On peut les immobiliser pendant cette traversée par des épissures, des colliers crantés en plastique ou par de la colle.

Comme le passage d'une échelle est encombrant à l'intérieur d'une habitation, la ligne bifilaire peut se poursuivre sous forme de twin-lead (8), à l'extérieur à l'abri du toit, et (9) dans le grenier, par exemple.

Les 2 soudures de la jonction échelle-twin lead sont faites, juste après la traversée de (7), côté du mur, puis recouvertes d'un vernis protecteur.

- Echelle tendue le long du mât central

Ce montage est très utilisé aux USA. Quelques rectangles, en bois épais, traité contre l'humidité, sont disposés régulièrement le long du pylône, en position horizontale.
Ils dépassent de 40 à 50 cm, quand le pylône est métallique, pour éloigner suffisamment l'échelle, de celui-ci.

Deux isolateurs du type "poulie", en porcelaine ou matière plastique, utilisés pour les parcs électriques d'élevage, sont vissés horizontalement dans l'épaisseur du bois, distants, entre eux, de la largeur de l'échelle.
Ils en supportent les fils (épissures semblables à celles de la figure n° 5-03).

On peut, suivant la distance entre ces supports d'isolateurs, réduire considérablement le nombre des écarteurs de l'échelle.

Cette descente verticale peut s'arrêter à 2,50 m du sol, pour ne pas gêner éventuellement la circulation autour du mât, sur un dispositif parafoudre, puis repartir horizontalement ou en oblique, suivant la position relative du QRA.

Dispositif parafoudre

Deux trous d'un diamètre permettant le passage du filetage d'une bougie de voiture sont percés dans un des côtés parallèles d'un profilé en "U", leurs axes distants de l'écartement **D** de l'échelle.
L'autre côté parallèle va servir à la fixation de cet ensemble métallique. Sur un des boulons de cette fixation, le toron de fil de terre, provenant d'un piquet de terre, sera écrasé dans une grosse cosse à sertir.

Comme les forets de fort diamètre ne sont pas courants, on perce plusieurs petits trous disposés en cercle et l'on chasse le disque central.

La bougie est maintenue dans son logement par un point de soudure électrique, à moins que l'OM ne possède, parmi ses amis, un tourneur expérimenté pour réaliser un écrou.

La partie centrale du "U" est tournée vers le haut, afin de protéger de la pluie les électrodes. Les bougies sont horizontales et leurs bornes reçoivent l'échelle provenant du brin rayonnant.
Celle-ci en repart, en direction du QRA.

L'espace entre les électrodes d'une bougie neuve est de 0,6 mm. Il est ramené à 0,2 mm (ou 0,3 mm, si un amplificateur linéaire est utilisé).

Un "U" assez long est suffisant pour assurer la protection. En cas de manque de place, l'ensemble est enfermé dans une boîte en plastique étanche employée en électricité, qui ne laisse dépasser que les extrémités des bougies.

Construction des bobinages

1)- Une seule bobine

La réalisation d'un bobinage et sa fixation dans un coffret métallique ou en matière plastique sont simplifiées par la technique de la **cloison médiane**.

Cette technique permet, en outre, de pouvoir expérimenter sur une self **mobile, non collée**, qui peut être extraite avec son montage définitif, pour supprimer des spires, par exemple.
Ceci est impossible dans le montage traditionnel avec 3 ou 4 barrettes.

Un rectangle de Plexiglas, de 3 mm d'épaisseur, est fixé le long d'un tasseau de bois ou un morceau de Plexiglas de section carrée (**Figure n° 5-08**). Un segment de règle d'écolier de 8 mm x 8 mm est utilisable comme tasseau.

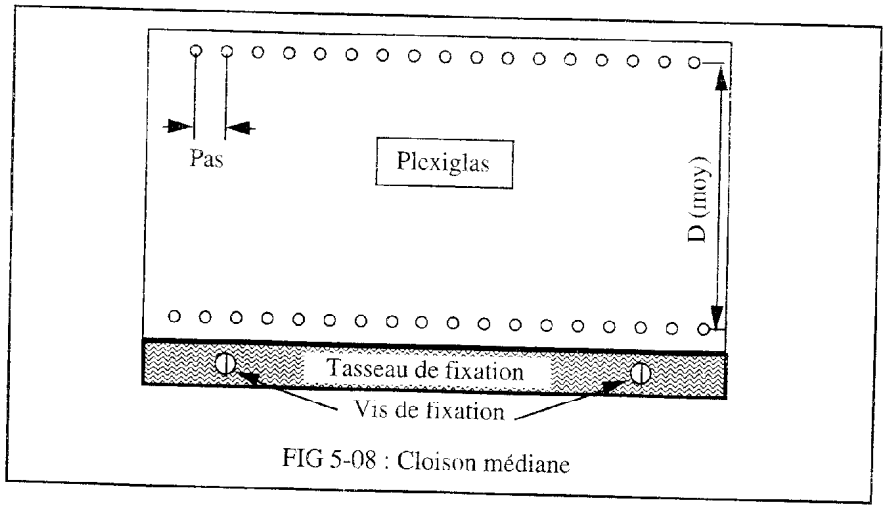


FIG 5-08 : Cloison médiane

Ce tasseau est percé pour le passage de 2 boulons de 3 mm, suivant l'importance du bobinage, qui vont traverser le Plexiglas (leurs têtes sont représentées sur le dessin).

Après une rotation de 90° du tasseau, deux autres trous sont percés pour la fixation de l'ensemble sur le coffret.
Choisir, entre ces trous, une distance différente de celle de la paire des trous précédents.

Ne pas percer, à ce stade, les trous de passage des spires disposés selon les deux rangées horizontales visibles sur la figure.

a)- Réalisation du bobinage

Je conseille, pour la construction de la self, l'emploi d'un fil de cuivre **nu** de 4 mm² de section (diamètre d'environ 23 /10 mm).
La raison d'une section aussi QRO en est seulement une **bonne tenue mécanique** pendant l'expérimentation et le collage.

Bien qu'un courant HF ne circule que sur la périphérie du conducteur, et s'y enfonce de moins en moins au fur et à mesure que sa fréquence croît, un tel fil est surdimensionné vis-à-vis de l'intensité qui doit le parcourir.

En ondes décamétriques, l'emploi d'un coûteux fil argenté ne me semble pas justifié.

- Choisir, pour mandrin, un tube en métal, en matière plastique ou en carton épais, d'un diamètre légèrement inférieur à celui prévu pour la self.
  A partir d'un Ø de 50 mm, avec du fil de 4 mm², on va obtenir, à la libération du bobinage, une augmentation de diamètre qui peut atteindre 15 %.

- Calculer la longueur approximative de fil nécessaire **L**, en comptant 2 spires supplémentaires, afin de compenser la dilatation du bobinage lors de sa libération .

  Longueur **L** du fil = 3,14 x diamètre x nombre de spires

- Serrer une extrémité de ce fil entre les mâchoires d'un étau, ou la nouer solidement sur un support **très résistant à la traction**.

- En employant un cutter ou un couteau bien aiguisé, fendre et arracher l'enveloppe protectrice du fil.

L'outil est promené **sur** le fil, depuis son point d'attache, la lame en position la plus horizontale possible.

- Le fil est écroui en tirant énergiquement sur l'extrémité libre du fil. Cette traction **l'allonge**, quand elle est suffisante.

- Percer, à 2 cm de l'extrémité du tube, un trou d'un diamètre égal ou légèrement supérieur à celui du fil et **y introduire le fil** sur **1 cm** environ.

- Avec une pince à long bec, plier, à **l'intérieur du tube**, l'extrémité du fil pour former un crochet que l'on écrasera. Celui-ci va désormais en empêcher la sortie.

- En tenant le tube à deux mains, et en tirant au maximum, **bobiner** en spires jointives.

- Quand le nombre de spires est réalisé, percer un trou à côté de la dernière spire. Ce perçage doit être fait en employant une seule main, car l'autre doit **maintenir serré**, pendant ce temps, **le bobinage**.

- Le fil est coupé, avec une marge de longueur permettant son introduction dans le tube et la réalisation d'un crochet, comme à l'autre bout du bobinage. *L'OM retrouve enfin ses deux mains libres !*

- Le bobinage va subir maintenant un écrouissage latéral. Sur l'établi, le cylindre qu'il constitue est **modérément** martelé.

  Une étroite planchette de bois, tenue entre le pouce et l'index, protège les spires d'un contact direct avec le fer du marteau. Les autres doigts de la main maintiennent le bobinage et le font **rouler lentement** de façon à ce que toute la surface cylindrique soit martelée.

- Enfin, le bobinage est libéré de son mandrin par deux coups de pince coupante **au ras du tube**, au-dessus des crochets. C'est à ce moment qu'il se détend et augmente de diamètre.

b)- Perçage de la cloison médiane et "vissage" de la self

- On mesure avec précision, au pied à coulisse, le diamètre **interne** de la self.

A ce diamètre, on **ajoute** le **diamètre du fil** pour obtenir **D(moy)**, le **diamètre moyen** que l'on doit connaître avec exactitude, pour réaliser le perçage.

Il est prudent, à ce moment, de vérifier une fois encore la mesure du diamètre interne, car tout le reste en dépend.

Il n'y aura aucune difficulté à "visser" la self, à la répartir bien symétriquement de part et d'autre de la cloison, s'il n'y a pas d'erreur dans la valeur de **D(moy)**.

Exemple de calcul de D (moy)

Diamètre intérieur mesuré = 63,7 mm
Diamètre du fil = 2,25 mm (section de 4 mm²)

D (moy) = 63,70 + 2,25 = 65,95 mm, arrondis à 66 mm

- Au-dessus du tasseau de fixation du rectangle de Plexiglas, sont dessinées, en la rayant avec une pointe à tracer, 2 traits parallèles distants de D (moy).

- Sur ces traits, on va poinçonner la position des centres des trous à percer, en commençant par la ligne qui en compte **un de plus** (celle du bas sur la figure n° 5-08).
  La distance entre le bord vertical du rectangle de Plexiglas et le centre du premier trou ne doit pas excéder 8 mm.

On remarquera :

- que la rangée du haut compte **un trou en moins.** C'est le total de ses trous qui donne le nombre de spires de la self,
- que les 2 rangées ont des trous disposés **en quinconce**.

- Dans les tableaux des nombres de spires, le pas (distance entre **les centres** de 2 trous consécutifs, et **non la distance entre 2 spires** voisines) est souvent égal à 5 mm.
  On peut alors coller sur le rectangle de Plexiglas, grâce à un ruban adhésif sur son pourtour, une mince bande de papier quadrillé avec des carreaux de 5 mm. Ceci dispense du poinçonnage.

- Tous les trous sont alors percés avec un foret de 3 mm pour du fil de 4 mm² de section. Un foret de Ø = 2,5 mm suffit pour un fil de 2,50 mm².

- Le début de la première spire subit une coupe franche, **bien perpendiculaire à son axe**, puis est présenté contre le bas du rectangle. On écarte de ses voisines cette première spire, de façon à ce que son extrémité traverse le premier trou du bas.
  On visse d'un demi-tour et on la guide pour assurer son passage dans le premier trou du haut.

- Il suffit alors de continuer à visser la self dans la plaque; il n'est plus besoin de guider son extrémité, qui se présente toujours remarquablement devant le trou qu'elle doit traverser.

- On peut commencer, dès ce stade, l'expérimentation de la mise au point et, éventuellement, dévisser partiellement le bobinage pour en diminuer le nombre de spires.

c)- Mise en place de la self, dans la cloison médiane

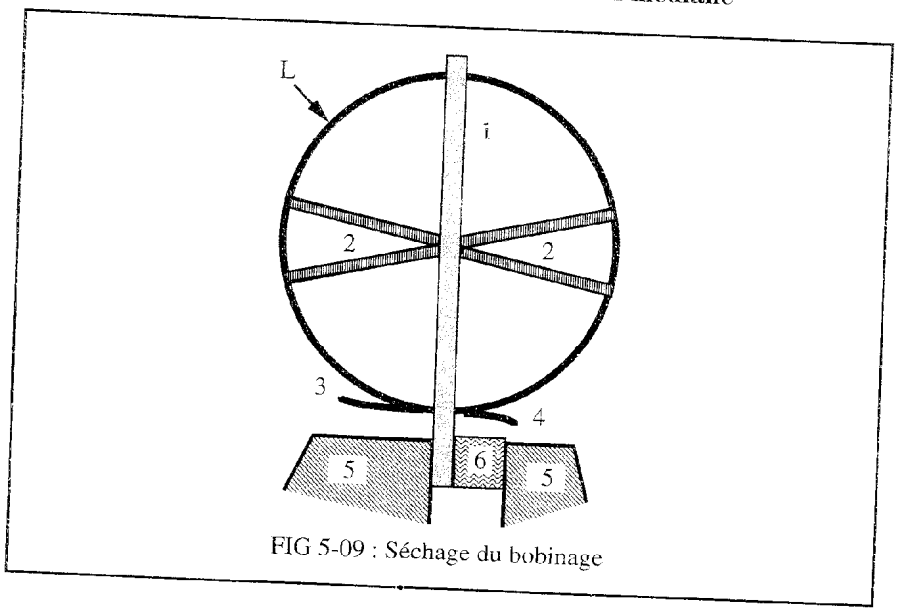


FIG 5-09 : Séchage du bobinage

Le beauté du bobinage exige sa répartition symétrique de part et d'autre de la cloison et le respect de cette position pendant le séchage du collage **(Figure n° 5-09)**.

Pour cela, on découpe, dans du carton épais, 2 rectangles qui ont chacun pour dimensions :
- la longueur de la self,
- le diamètre de la self.

Chaque rectangle est fendu, mais non coupé, suivant sa grande médiane (qui correspond à l'axe du bobinage L), puis plié dans le sens opposé à la fente.

Chaque rectangle forme alors un dièdre (2), qui est disposé, comme le montre le dessin, pour créer deux pressions égales, de part et d'autre de la cloison (1).

Les numéros (3) et (4) indiquent les extrémités du bobinage, redressées pour faciliter leur soudure ultérieure.
On reconnaît le tasseau (6), provisoirement collé. Il sera boulonné, le séchage terminé.
Les mâchoires de l'étau sont repérées par (5).

d)- Collage de la self, sur la cloison médiane

On commence par les trous du côté opposé au tasseau.
A l'aide du bout d'une allumette taillé en pyramide, la colle est disposée dans chaque trou, tout autour du cuivre, de part et d'autre de la cloison.

La spire a tendance à s'appuyer sur un bord du trou, il faut alors la soulever puis la laisser revenir, plusieurs fois, pour que la colle glisse naturellement à cet endroit.

Pour éviter que la colle ne déborde, il convient d'en limiter la quantité au remplissage du trou, de chaque côté de la cloison.

Quelle colle employer ?

- L'Araldite, à séchage rapide l'hiver, à séchage normal l'été.
- La dissolution de morceaux de Plexiglas dans du trichloroéthylène, déjà évoquée.
- Toute autre colle, à condition d'avoir préalablement procédé à un essai musclé de traction, ainsi que de résistance à la chaleur au voisinage du collage, (Il faut penser aux soudures qui auront lieu dans ces parages) !

Important

Il faut attendre un **séchage complet** de la rangée de trous, avant de faire tourner l'ensemble d'un demi-tour et de le serrer dans l'étau, pour réaliser le collage des spires dans les trous de l'autre rangée.

2)- Deux bobines coaxiales

Les boîtes à transfert magnétique par transformateur utilisent le plus souvent deux selfs coaxiales.
Le primaire (L2) compte peu de spires mais d'un fort diamètre; il est placé au centre du bobinage, au-dessus du secondaire (L1) beaucoup plus allongé.

Les procédures de mesures pour déterminer D (moy), de traçage et de perçage sont identiques à celles utilisées pour une self unique.

a)- Perçage de la cloison

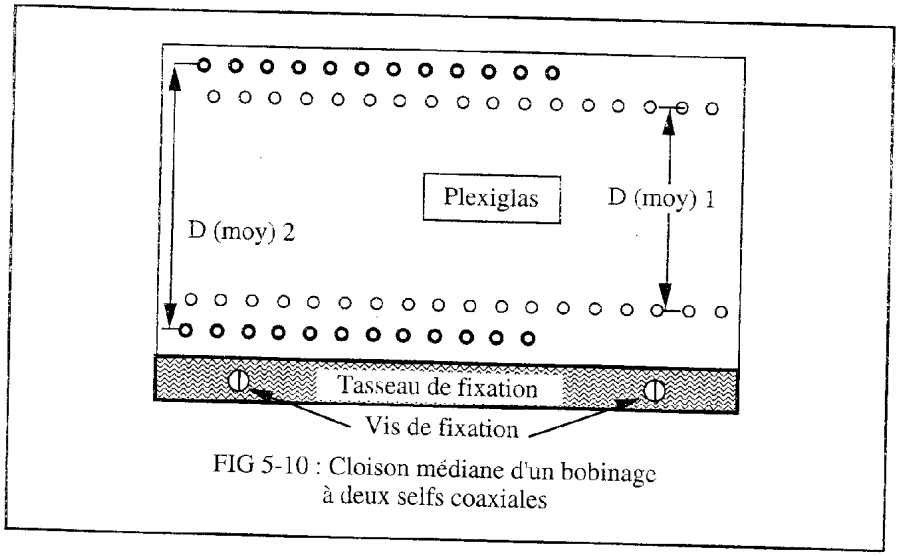
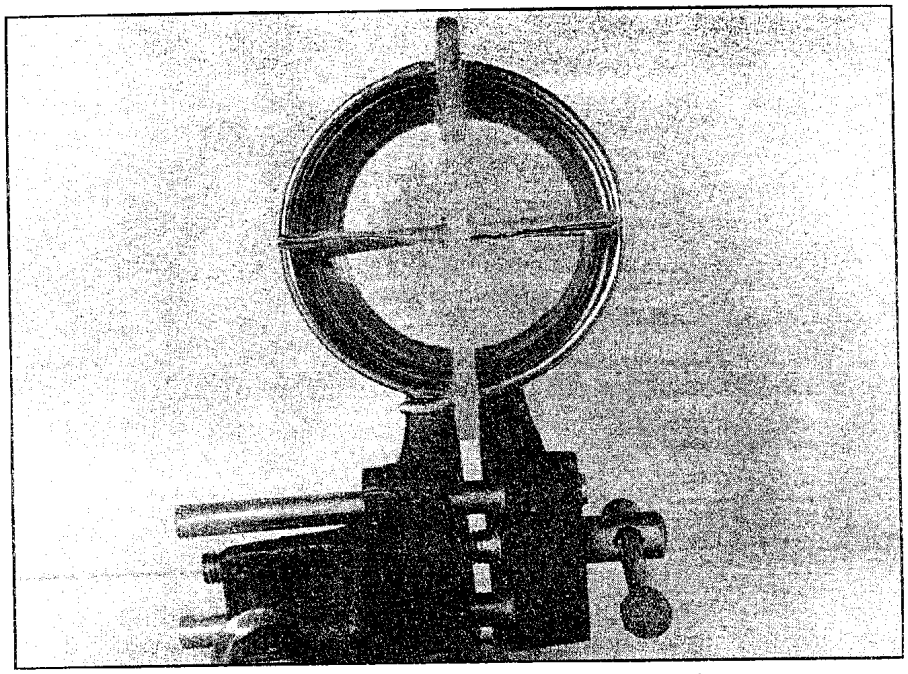


FIG 5-10 : Cloison médiane d'un bobinage à deux selfs coaxiales

Un dessin, semblable à celui de la **figure n° 5-10**, établi en vraie grandeur sur du bristol après la réalisation des selfs L1 et L2, est très utile car les 2 rangées des trous de L1 et celles des trous de L2 doivent être parfaitement symétriques.
Ce dessin pourra servir de gabarit de perçage, en le fixant sur le rectangle de Plexiglas avec du ruban adhésif.
Le perçage des trous et le vissage concernant L1 ont été décrits ci-dessus.

Pour amener le primaire L2 en position centrale, il est nécessaire de percer, à partir d'un bord vertical de la cloison, des trous "de transfert" dans lesquels L2 ne fera que passer.



Bobinage à 2 selfs coaxiales en cours de construction

Pour simplifier le perçage, ces trous peuvent être percés tout au long des 2 traits parallèles établis d'après le **D (moy)** de L2. Des trous restés vides n'ont jamais gêner le bon fonctionnement d'une boîte d'accord !

b)- Collage et séchage du bobinage (Figure n° 5-11)

Sont vissées, mises en place, successivement les bobines L1, puis L2.

Le blocage de L1 est réalisé par 2 rectangles pliés, en carton, comme le montrait la figure n° 5-09.

La faible distance entre les spires de L1 et de L2 conduit à employer une languette non pliée (3), en carton épais.

Après la mise au point, **quatre** opérations de collage, deux pour L1, puis deux pour L2, sont nécessaires, **distantes dans le temps** afin de laisser sécher la partie précédemment réalisée.

La **figure n° 5-12** montre la position des spires, sur le bobinage terminé.

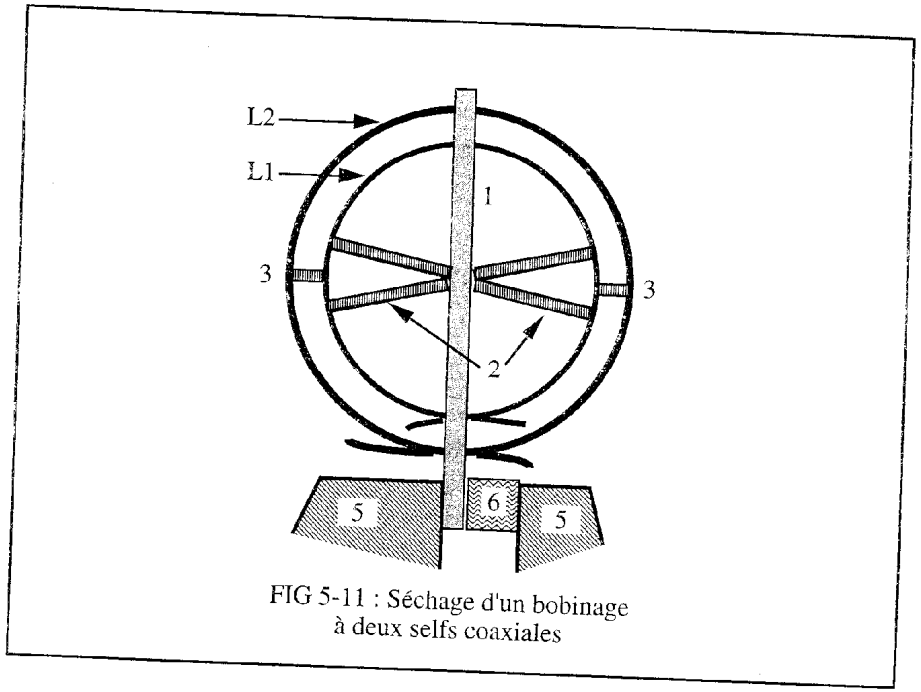


FIG 5-11 : Séchage d'un bobinage à deux selfs coaxiales

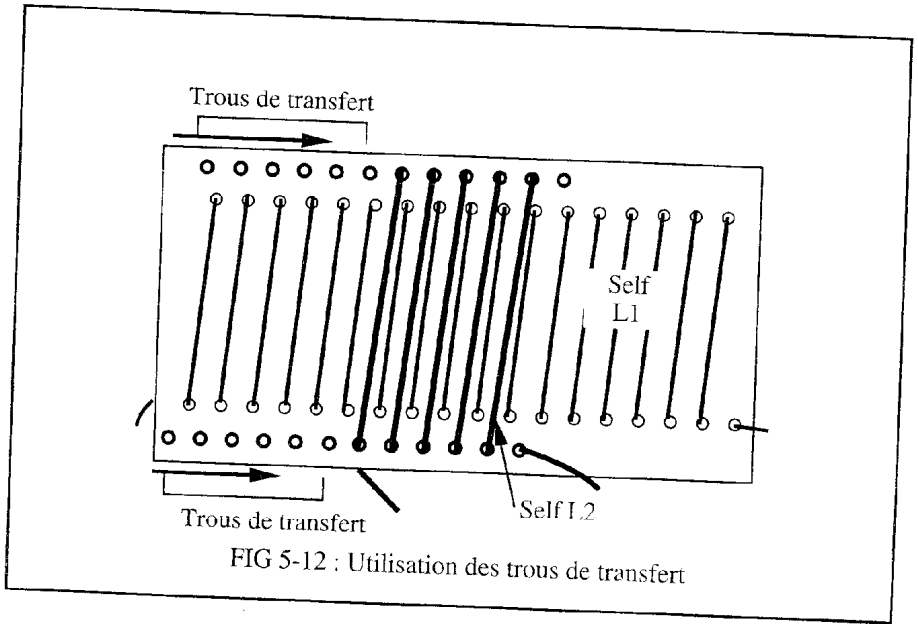
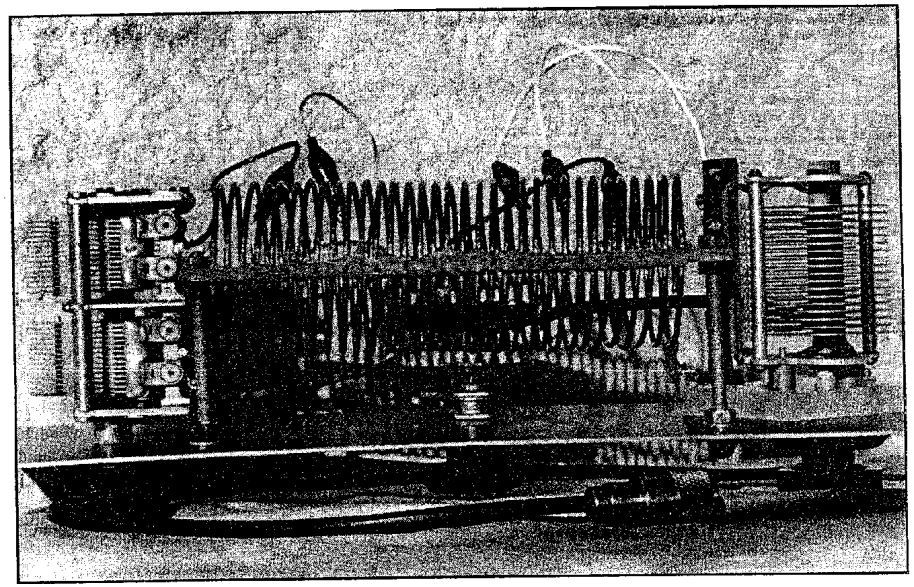


FIG 5-12 : Utilisation des trous de transfert



Expérimentation du bobinage "Chambord"

3)- Le bobinage " *Chambord* "

a)- Principe

J'ai nommé ainsi ce type de bobinage par référence à la particularité de l'escalier du célèbre pavillon de chasse.
Il concerne une boîte magnétique à transformateur, dans laquelle les spires du primaire et du secondaire sont **entrelacées.**

Revenons à la figure n° 4-08(a), du chapitre précédent.

Considérons que L1 a un nombre fixe de spires, que la capacité de CV1 présente un maximum C_{max} de 490 pF, et un minimum C_{min} de 45 pF.

Le rapport des capacités : $(C_{max} / C_{min}) = 490 / 45 = \mathbf{10,89}$

Dans la formule de Thomson, la capacité C est sous le radical, le rapport **r** des fréquences limites couvertes **sans modifier l'inductance** de la self du circuit oscillant est donc :

$$r = \sqrt{10,89} = 3,3$$

En prenant pour limite de fréquence inférieure 3,5 MHz, nous pouvons balayer jusqu'à la limite supérieure de :

$$3,5 \times 3,3 = 11,55 \text{ MHz}$$

et couvrir ainsi les bandes des 80, 40 et 30 mètres, **avec une seule bobine**.

Ce spectre suffit souvent aux OM qui possèdent, sur les bandes hautes, une beam.

b)- Réalisation

Les selfs primaire et secondaire ont le même diamètre. Nous nous retrouvons, quant au perçage et au collage, dans la situation des figures n^{os} 5-08 et 5-09, celle d'une self unique.

Le primaire est mis en place *au centre de la cloison*, mais **en doublant le pas** de son bobinage, c'est-à-dire **en sautant un trou**, à chaque tour.
Il faut, du bout du doigt, imposer le trajet de l'extrémité de la bobine qui pénètre dans la cloison.

Le secondaire est vissé, ensuite, dans **tous les trous** inoccupés.
De ce fait, son pas est doublé quand ses spires côtoient celles du primaire; il redevient normal de part et d'autre du primaire.

c)- Nombre de spires

Les données qui figurent dans les tableaux des montages à selfs coaxiales ne sont pas directement utilisables.
Ceci est dû aux changements de pas et à la capacité (primaire / secondaire) plus importante; un effet de bobinage "deux fils en main", semblable à celui d'un balun, se manifeste et ce, d'autant plus que la fréquence est élevée.

Par rapport aux nombres de spires des selfs coaxiales figurant dans les tableaux, on peut commencer l'expérimentation, en multipliant environ par **1,7 le nombre de celles du primaire** et par ***1,3 le nombre de celles du secondaire.***

La mise au point d'une boîte avec une self "Chambord" est plus difficile et plus longue. Elle s'adresse aux OM avertis dans ce domaine.

Il ne faut pas oublier, en particulier, de repérer les spires du primaire, par un petit trait de crayon-feutre sur l'épaisseur du Plexiglas de la cloison, juste au-dessus des trous occupés par ce primaire.

Construction des baluns

1)- Construction des symétriseurs (baluns de rapport 1/1)

a)- Rappel de son utilisation

Un balun (b) de rapport 1/1 se trouve à l'entrée de la boîte d'accord à deux "L" symétriques (Figures n^{os} 4-04; 4-05 et 4-06).

Sa mission est de **symétriser**, c'est-à-dire de modifier les caractéristiques du courant HF de façon telle que, **la somme algébrique des tensions** par rapport à la masse (et à la terre), en C et D, **soit nulle**.

Prenons, comme exemple, un émetteur dont la tension-crête (différence **maximale** entre les tensions simultanées des 2 bornes de sortie) soit **10 volts**.

Voici un tableau comparatif de quelques tensions **instantanées** par rapport à la masse, en volts, relevées pendant une **période entière** (la dernière colonne reproduit la première) :

- à l'entrée du balun (b), sur les bornes repérées **(1)** et **(5)**,
- à sa sortie, sur les bornes repérées **(2)** et **(6)**.

- TABLEAU -

qui contient, dans chaque colonne, les tensions instantanées ci-dessus

(1)	+10	+6	0	-6	-10	-6	0	+6	+10
(5)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(2)	+5	+3	0	-3	-5	-3	0	+3	+5
(6)	-5	-3	0	+3	+5	+3	0	-3	-5

On constate :

- que la tension en (5), blindage du coaxial, est toujours nulle,
- que la tension en (1), âme du coaxial, varie, en une demi-période, de +10 V à -10 V,

*ceci caractérise **l'asymétrie** des potentiels par rapport à la terre,*

mais:

- que dans une même colonne des tensions en (2) et (6), elles sont toujours opposées (somme algébrique nulle),

*ceci caractérise **la symétrie** des potentiels par rapport à la terre.*

b)- Schéma (Figure n° 5-13)

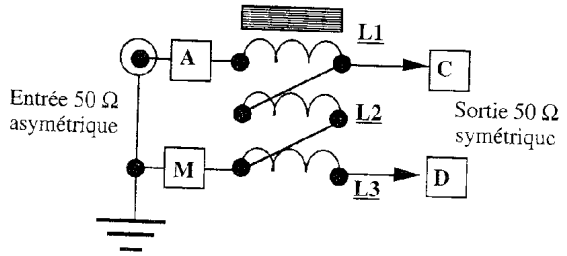


FIG 5-13 : Schéma d'un symétriseur (balun 1/1)

Nous voyons un bobinage 3 fils en main.

- Le primaire, entre A et M, compte 2 selfs semblables, **en série**, L1 et L2, qui représentent chacune, de ce fait, une résistance équivalente de 25 Ω.

- Le secondaire, entre C et D, compte également 2 selfs semblables, **en série**, L2 et L3. La connexion entre L2 et L3 est le point **M, la masse**, d'où une sortie symétrique, sous 50 Ω.

c)- Réalisation sur un tore (Figure n° 5-14)

Un tore doit être choisi en fonction de sa perméabilité µi, de la puissance qu'il doit transmettre, et de la bande passante qu'il autorise. Cette dernière est indiquée par un chiffre et une couleur.

Nous pouvons utiliser les tores en poudre de fer, à faible perméabilité ($\mu \leq 10$), ou ceux en ferrite (µ plus élevé).

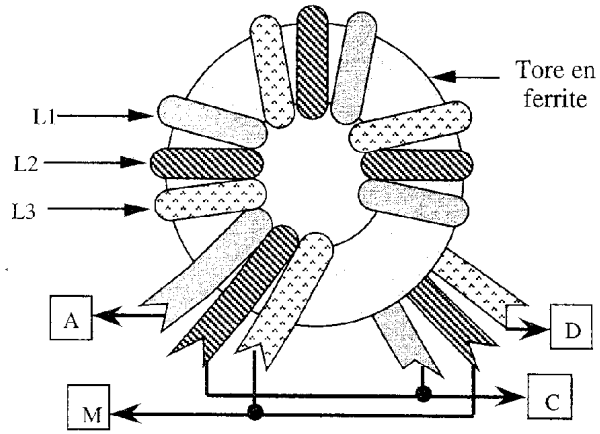


FIG 5-14 : Balun 1/1 sur tore de ferrite

Voici quelques données concernant les tores des firmes Amidon et RTC, utilisables dans les boîtes d'accord, sur le spectre décamétrique (Les dimensions sont arrondies **au mm**).

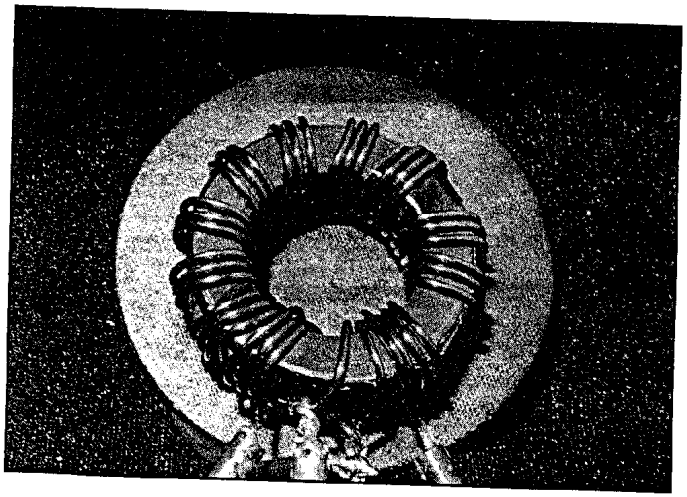
- TABLEAU -

qui contient les dimensions et caractéristiques de ces tores

Firme	Nom	Ø ext.	Ø int.	Hauteur	µ	Couleur
Amidon	**T-200**	51	32	14	10	rouge
Amidon	**T-184**	47	24	18	10	rouge
Amidon	**T-130**	32	19	11	10	rouge
RTC	**4C6 (G)***	36	23	15	120	violet

*(G) indique le 4C6 de grande taille.

Dans cette liste, les 3 derniers sont suffisants pour les puissances moyennes. Le T-200 est réservé aux stations plus puissantes.



Balun sur tore de ferrite (rapport 1/1)

Nombre de spires par self

Il n'est pas critique : " Dix ou plus " prescrit la firme Amidon, dans la notice de son kit d'initiation !

La limite du nombre de spires dépend évidemment du diamètre intérieur du tore et de celui du fil.

Voici le nombre maximal de tours, pour les tores ci-dessus, en fonction de quelques diamètres de fil émaillé, exprimés en mm :

TABLEAU -

donnant le nombre de tours maximal en fonction du Ø du fil

Ø du fil	10/10 mm	13/10 mm	16/10 mm	20/10 mm	26/10 mm
T-200	86	68	53	41	31
T-184	64	50	38	29	22
T-130	51	40	30	23	17
4C6	62	48	36	27	21

Aménagement du tore et bobinage

Afin de ne pas endommager les fils, lors du bobinage, le tore est d'abord enrobé d'une couche de ruban de Téflon. Ce matériau remplace la filasse dans les joints de robinetterie.
Le ruban est enroulé autour de la section du tore, comme le sera le fil émaillé.

Les 3 fils en main sont alors bobinés, sans trop tirer sur le fil. On ne remplit pas la totalité du tore. On laisse, entre les 3 entrées et les 3 sorties, un espace vide correspondant à un secteur angulaire de 30° environ.

Fixation

Au centre du tore, il reste la place d'engager, perpendiculairement à son plan, un boulon de 4 mm, qui va permettre de le prendre en sandwich, entre deux disques isolants épais, qui servent de rondelles.

Pendant la traversée du tore, la vis est entourée d'un morceau de gaine isolante ("souplisso"). Les deux écrous devront être serrés modérément.

Cette fixation peut être réalisée au centre d'un rectangle de Plexiglas, de 3 ou 4 mm d'épaisseur, qui sera surélevé, lors du montage définitif, dans le coffret.

Autour du tore, sur cette plaque, des trous de 3 mm sont percés pour fixer les cosses à souder utiles au câblage des 6 fils qui sortent du bobinage.

d)- Réalisation sur un rondin

La **figure n° 5-15** montre l'organisation interne d'un symétriseur commercial bien connu, le BN 86, souvent employé pour alimenter le centre de l'élément radiateur d'une beam.

Dans un but de clarté, les connexions internes, entre L1 et L2 d'une part, et L2 et L3 d'autre part (revoir la figure n° 5-13), ne sont pas dessinées.

Les spires en **fil émaillé** sont collées sur un bâtonnet de ferrite. Celui-ci peut être récupéré dans un vieux récepteur à transistors, où, supportant les bobines de la tête HF, il y concentrait le champ magnétique en provenance de l'émetteur broadcast.

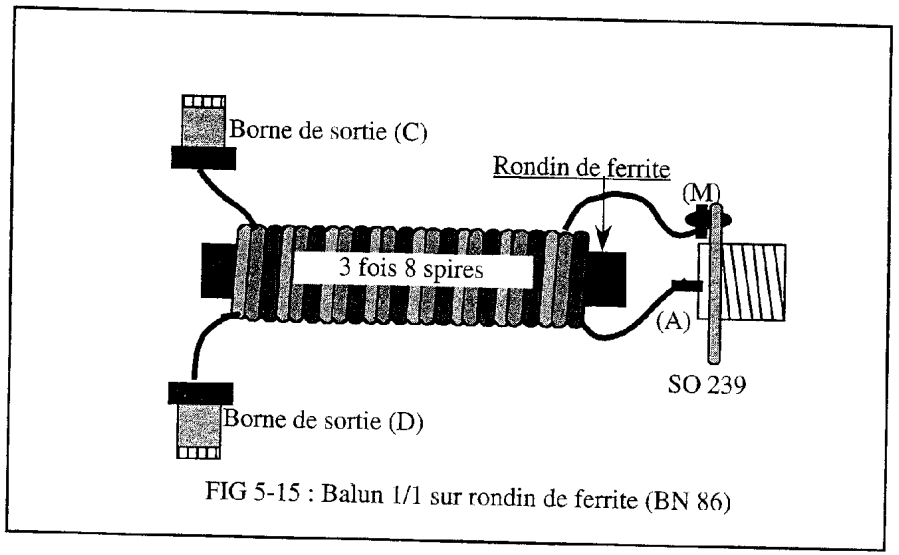


FIG 5-15 : Balun 1/1 sur rondin de ferrite (BN 86)

La construction sur un rondin est plus aisée que sur un tore, mais l'ensemble est évidemment plus encombrant.

2)- Construction des baluns de rapport 1/4

a)- Utilisation

Avec quelques réserves, quant à certaines longueurs filaires de la Lévy et aux possibilités du coupleur qui le précède, (déjà étudiées dans un précédent chapitre), un **balun, multiplicateur d'impédance par 4** est susceptible d'alimenter les points C et D, au bas de la ligne bifilaire.

Il peut être installé à l'intérieur même du coupleur (certains le possèdent d'origine) ou à une certaine distance, à l'extérieur du QRA, au point de départ de l'échelle ou du twin-lead, par exemple.

Dans ce cas, la longueur de câble coaxial, entre lui-même et la sortie du TRX (ou du ROS-mètre), transporte le courant HF avec un **ROS** qui peut être **élevé**.

Un essai peut néanmoins être entrepris, car il est plus facile et plus discret, dans un QRA, de poser un coaxial que de tendre une ligne bifilaire.

L'essai consiste à mesurer le ROS sur les différentes bandes, dans cette longueur de coaxial.

> Il suffit de déplacer le ROS-mètre et le brancher **à la sortie** du coupleur, alors que, d'ordinaire, il est placé entre la sortie du TRX et **l'entrée** du coupleur.

Le ROS ne peut être égal à 1/1. On tolérera un ROS jusqu'à **2,5 /1**, si ce morceau de câble n'est pas trop long.

b)- Schéma (Figure n° 5-16)

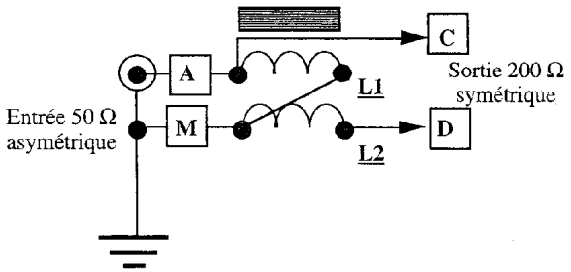


FIG 5-16 : Schéma d'un balun 1/4

Comparé à celui de la figure n° 5-13, le schéma du balun de rapport 1/4 montre deux selfs, au lieu de trois. Sa construction est plus simple, avec seulement 2 fils en main.

La résistance équivalente de chaque enroulement est de 50 Ω, alors qu'elle n'était précédemment que de 25 Ω.

La partie AM correspond à la partie primaire, mais c'est aussi un demi-secondaire. Ceci entraîne, particulièrement sur les bandes basses, un léger déséquilibre par rapport à la masse.

Le rapport du nombre de spires (primaire / secondaire) est 1 / 2, ce qui nous donne un rapport d'impédance de $(1 / 2)^2 = 1 / 4$.

c)- Réalisation

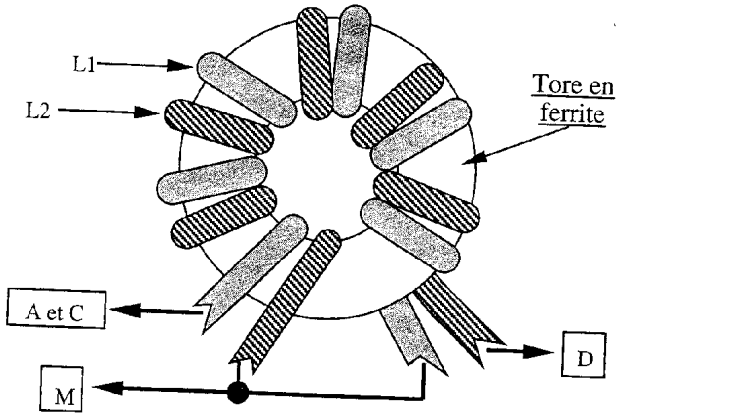


FIG 5-17 : Balun 1/4 sur tore de ferrite

La préparation du tore, avec le ruban de Téflon, est semblable à celle ci-dessus décrite **(Figure n° 5-17)**. Il en est de même pour le blocage des spires, la finition et sa fixation pour boulon, entre 2 disques isolants. On trouve une seule connexion interne, au lieu de 2.

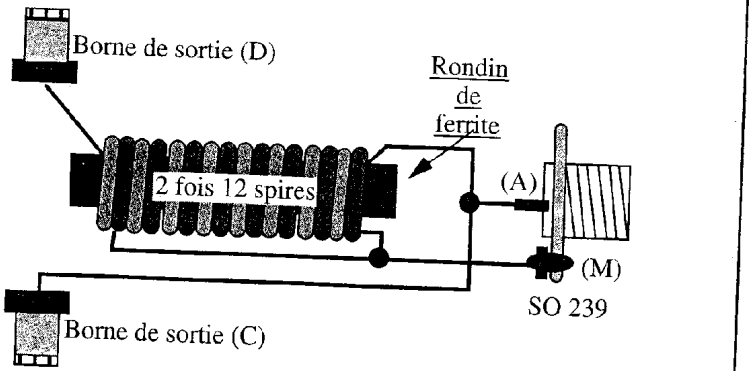


FIG 5-18 : Balun 1/4 sur rondin de ferrite (Ø = 1 cm)

Sur un rondin de ferrite (**Figure n° 5-18**), on compte environ, au total, un même nombre de spires, de l'ordre de 24.

Comme pour le balun 1/1, ces spires doivent être solidement fixées ou collées sur le rondin.

Symétriseur double ligne

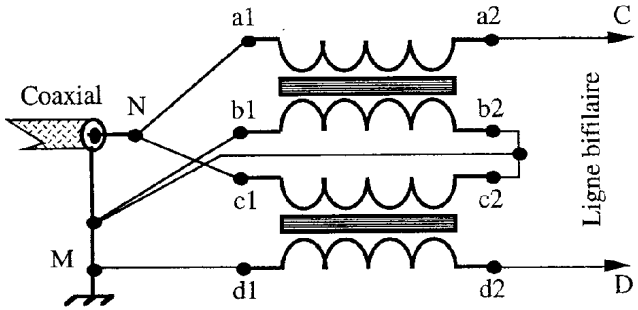


FIG 5-19(a) : Symétriseur double ligne (Balun 1/4)

Sur Radio REF de mai 1985, F8CI publia un balun 1 / 4 à double ligne, techniquement supérieur au précédent, quant à la **qualité de sa symétrisation. (Figure n° 5-19(a))**.

Ce montage utilise 2 lignes indépendantes alimentées **en parallèle**, en (a1) et (c1). Par contre, les deux enroulements secondaires sont connectés **en série** à la sortie du balun (a2 - d2), d'où un rapport d'impédances théorique de 1 / 4.

Le câblage de l'enroulement (b1-b2) surprend par ses extrémités à un même potentiel, celui de la masse (M). Mais cet enroulement subit l'induction de (a1 - a2) et réagit mutuellement.

Dans ce montage, la multiplication de l'impédance d'entrée est moins rigoureuse, mais pour alimenter une ligne bifilaire de Lévy, cela est sans importance.

Par contre, la **symétrisation est meilleure**, condition, au contraire, très recherchée.

Ce transformateur à lignes ne pose pas les problèmes du balun 1 / 4 précédent lorsque, sur une bande, les longueurs filaires (brin + ligne bifilaire) sont responsables d'une importante réactance, inductive ou capacitive (Rapports de 1; de 1,16; de 2,01 et 2,32, au sommet et à la base de la "spirale").

Pour sa construction, F8CI utilise des bâtonnets de ferrite identiques, de 12 à 15 cm de longueur, récupérables sur les antennes internes des vieux BCL.

Sur chaque rondin, sont bobinées 12 spires, deux fils en main, en fil d'électricien couvert d'un isolant PVC, d'une section de 1,50 mm² (Ø = 1,38 mm). Les axes des bâtonnets sont distants de 4 à 5 cm.

Une réalisation avec du fil émaillé de 15 /10 mm, sur des bâtonnets de 10 mm de diamètre, s'est très bien comportée.

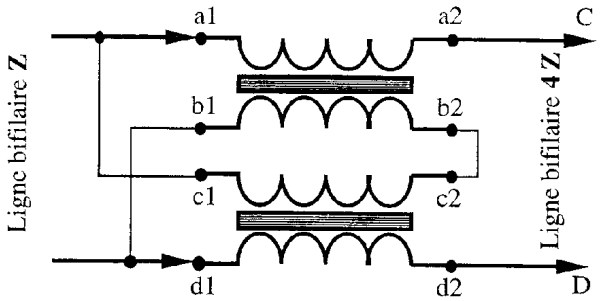


FIG 5-19(b) : Transformateur double ligne (Rapport 1/4)

On pourra comparer le schéma de ce symétriseur avec celui du montage multiplicateur d'impédance par 4 (**Figure 5-19(b))** , dont il ne diffère que par son entrée symétrique.

Aux USA, ce montage est utilisé lorsque l'aérien est loin de la station. Là-bas, quand le QRA est à mi-chemin, on installe tout de même l'aérien au sommet de la colline !

Le transformateur double ligne est utilisé deux fois, assurant la transformation (Z ==> 4Z), puis, à l'autre extrémité d'une longue ligne à haute impédance, la transformation inverse (4Z ==> Z).

On retrouve alors l'impédance initiale, mais les pertes sont réduites, puisque la puissance est transportée en haute impédance, donc avec une intensité plus faible.

Une comparaison est possible avec le transport par les lignes moyenne tension de l'EDF.

Support de rondin(s)

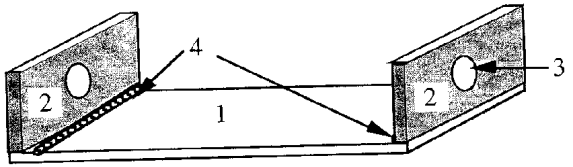


FIG 5-20 : Support de rondin, en Plexiglas

La **figure n° 5-20** montre une solution simple pour tenir des rondins, en position horizontale.

On construit un " U " en Plexiglas de 3 mm ou de 4 mm d'épaisseur, dont la longueur interne est égale à celle du bobinage. Le ferrite dépasse ainsi après avoir traversé les trous (3). On débute en collant, sur le rectangle de la base (1), un seul côté vertical (2).

La colle (4), dont on a parlé lors de la réalisation des selfs à air, est de l'Araldite ou du Plexiglas dissous.

Suivant le montage réalisé, on peut, avant l'assemblage, percer plusieurs trous de 3 mm dans les parois (2), au voisinage des trous (3), pour y fixer des boulons de 3 mm, dont la tête, placée du côté interne, aura été préalablement étamée.

Les connexions internes, d'entrée et de sorties des bobines seront faites sur ces têtes. Le câblage extérieur arrivera sur la partie filetée de la vis, de l'autre côté de la paroi (2).

A défaut de visserie en laiton, on peut utiliser celle en fer, qui se soude parfaitement à l'étain.

Le coffret de la boîte d'accord

1)- Le matériau : matière plastique ou métal ?

Un coffret métallique est nécessaire aux stations qui passent un rapport de modulation **au magnétophone**. Ses alentours doivent être exempts de toute induction de courant HF, afin que la tête de lecture du magnétophone ne soit pas perturbée, en émission.

La Lévy, grâce à sa symétrie, se prête parfaitement à cette reproduction, toujours appréciée par le correspondant.

Quelquefois, un coffret en matière plastique suffit; mais si le magnétophone et la boîte d'accord sont voisins, le métal est indispensable.

2)- Coffret pour selfs interchangeables ou commutées

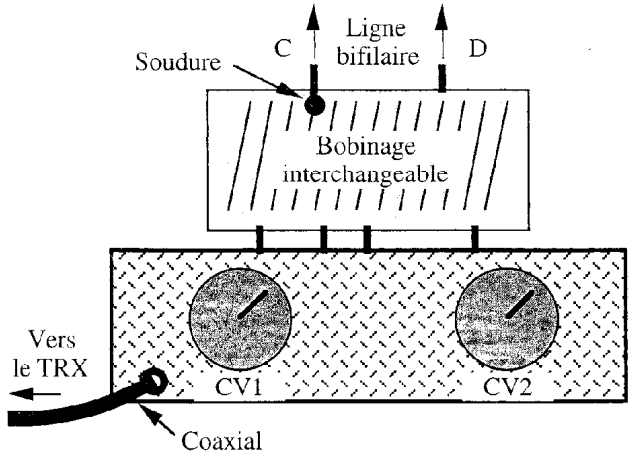


FIG 5-21 : Coffret pour selfs interchangeables

Le coffret (**Figure n° 5-21**) contient uniquement les 2 CV. Il supporte un rectangle en Plexiglas de 4 mm d'épaisseur, dans lequel sont percés les trous destinés à recevoir les fiches femelles.

Une self n'a jamais de sorties rigoureusement symétriques. Même dans un montage transformateur, il est préférable de prévoir une disposition **irrégulière** des fiches femelles afin qu'elles jouent un rôle de **détrompeur.**

Quant à leur disposition précise, il faut se souvenir que, lorsque 2 points sont à des potentiels différents, la capacité parasite créée, entre ces 2 points, est d'autant plus gênante que l'impédance y est élevée.

Ce sont ainsi les connexions entre les éléments du circuit oscillant **parallèle** qui doivent être **les plus courtes.**

Pour la même raison, lorsqu'un CV est isolé de la masse (c'est le cas de CV1 dans les autotransfos, et des 2 CV synchrones dans le double " L " de la figure n° 4-04), **les lames mobiles et la carcasse du CV** seront connectées du côté de **l'entrée**, où l'impédance par rapport à la masse est la plus faible.

Les fiches prévues pour le départ de la ligne bifilaire sont placées au sommet du bobinage (points C et D).

Les **pinces crocodile** sont à éviter sur un montage définitif. A cause de leur denture, elles n'assurent finalement qu'un contact de très petite surface et, dans le cas des zones de résistances Rf, l'intensité en C ou en D est assez élevée.

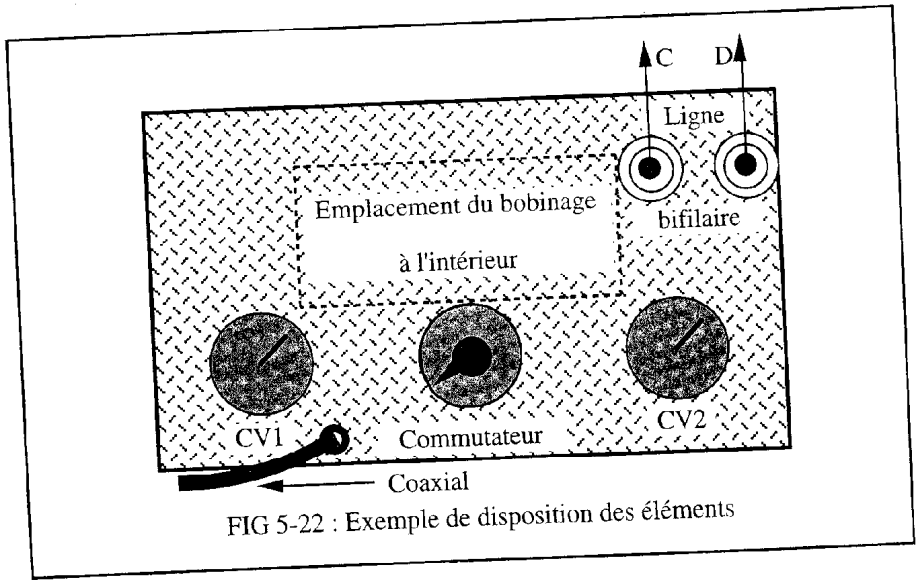


FIG 5-22 : Exemple de disposition des éléments

Si $R_{(CD)}$ = 100 Ω, une puissance efficace de 100 watts provoque une intensité efficace de 1 ampère.

Un couple SO 239 - PL 259, installé sur une ligne coaxiale, en respecte **médiocrement** l'impédance caractéristique. Pourquoi avoir **baptisé** ces prises "UHF" ?

On en fait ici l'économie : le câble coaxial en provenance du TRX (ou du ROS-mètre) pénètre **directement** dans le coffret, au travers d'**un passe-fil,** du côté prévu pour le montage de CV1.

Dans le cas de l'utilisation d'un bobinage commuté (Figures n^{os} 4-08(b) et 4-09), la **figure n° 5-22** propose un exemple de disposition.
A cause des impératifs de câblage exposés plus haut, le bobinage est situé juste au-dessus du commutateur de bandes. L'ensemble bobinage-commutateur peut être traité comme un module, et préparé à part.

Les sorties C et D sont au sommet du panneau frontal du coffret, au centre ou près d'un bord, suivant la localisation de la boîte par rapport à la ligne bifilaire.

Self interchangeable à 2 positions

Lors de la mise au point d'une boîte d'accord utilisant une self amovible, on a souvent le plaisir de découvrir qu'une même self peut être utilisée sur plusieurs bandes.

Le rapport entre les capacités maximale et résiduelle d'un CV varie aux alentours de 10, quelquefois plus.
Dans la formule de Thomson, la capacité C est sous un radical, elle intervient ainsi par sa racine carrée.
Théoriquement, s'il n'y avait pas l'apport réactif de la partie filaire de la Lévy, on pourrait couvrir, sans changer de self, au moins :

$$\sqrt{10} = 3{,}16 \text{ octaves}$$

Par exemple de 3,5 MHz à 11 MIIz, ou de 7 MHz à 22 MHz.

Les valeurs réactives présentes dans les impédances des bandes extrêmes peuvent réduire ou allonger ces spectres.

On constate alors, après un choix expérimental judicieux d'un compromis pour l'emplacement des points C et D, que 2 ou plusieurs bandes sont accessibles en déplaçant seulement le point P.

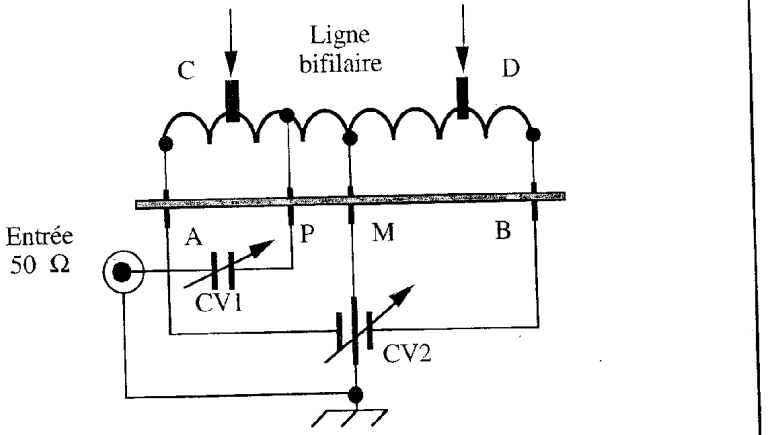


FIG 5-23(a) : Autotransfo à selfs interchangeables

Considérons le schéma d'une version Mac Coy auto-transfo (**Figure 5-23(a)**). Nous supposons qu'à cause de la faible capacité maximale de CV2, seule est obtenue la bande des 80 m, si on ne déplace pas le point **P(80 m)**.

Par contre, sans modifier le nombre de spires de la self, ni les points C et D, la bande des 40 m est possible avec un nouveau point **P(40 m)**.

On dispose d'une astuce très simple : faire tourner la bobine d'un demi-tour.

Le support des fiches femelles est percé de 5 trous, 2 par 2 équidistants du point central M.

Voici un exemple sur une self 80 m-40 m.

Les fiches femelles occupent 4 trous (**Figure n° 5-23(b)**). Le trou symétrique de P est agrandi et ne reçoit pas de fiche.

Suivant un même gabarit que celui des trous précédents, 5 trous sont percés sur le tasseau à la base de la cloison de la self, et 5 fiches mâles sont vissées ou collées.

Une rotation du bobinage de 180° permet de remplacer P(80 m) par P(40 m) et, ainsi, de pouvoir couvrir deux bandes (ou plus) avec une self unique.

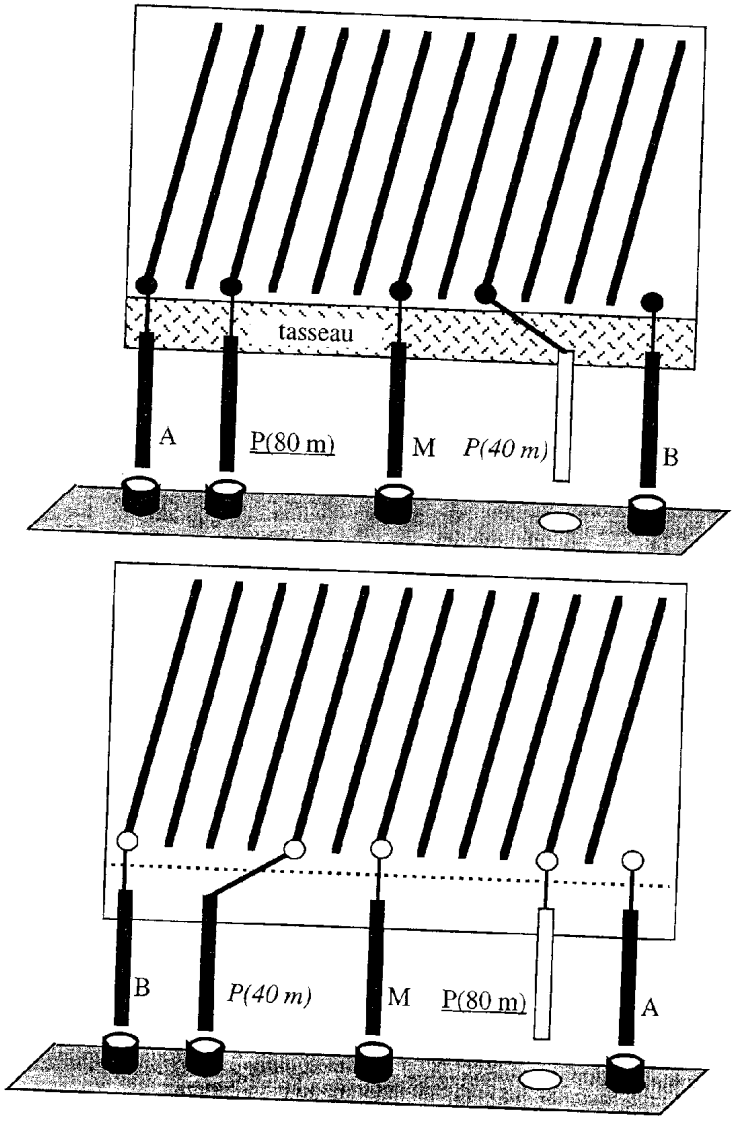


FIG 5-23(b) : Self interchangeable à 2 positions

Traversée d'un coffret métallique (Montage à self commutée)

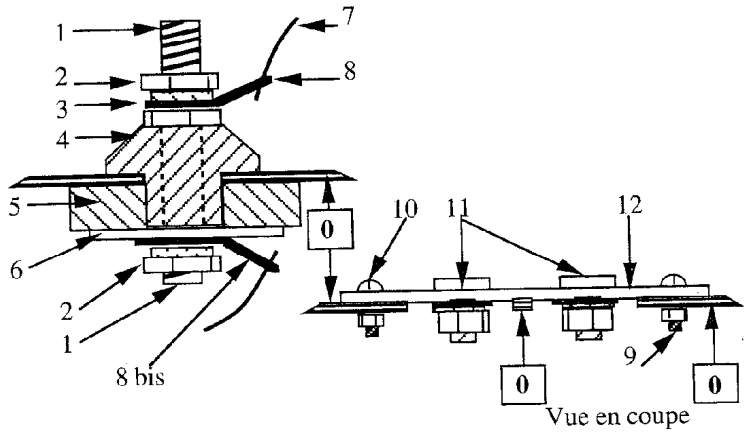


FIG 5-24 : Traversées d'un coffret métallique

A gauche du dessin de la **figure n° 5-24**, est la coupe d'une borne en porcelaine, de récupération.

La pièce (4) est en porcelaine, conique à l'extérieur. Elle traverse le métal (0) du châssis. A l'intérieur, elle est entourée d'une rondelle en porcelaine (5), épaisse.

(4) et (5) sont serrées raisonnablement par une tige filetée (1), des écrous (2) et une large rondelle (6). Deux cosses à souder permettent de recevoir, **à l'extérieur** un fil de l'échelle ou du twin-lead (8), **à l'intérieur** le câblage du circuit (8 bis).

Si l'on ne trouve pas ces bornes en porcelaine, on peut utiliser deux fiches banane femelles (11), mais il est recommandé de *ne pas les visser directement sur le métal* du coffret.

Elles sont préalablement installées sur un rectangle de Plexiglas (12), qui sera vissé, à l'intérieur ou à l'extérieur du coffret, grâce à des boulons de 3 mm (9) et (10).

Les deux trous dans le métal du coffret (0), nécessaires au passage des fiches, auront un Ø **au moins égal à 2 fois** celui de la fiche banane.

CHAPITRE 6

Mise au point de la boîte d'accord

Rappels et procédés

Rappel du rôle de la boîte d'accord, étudié dans les précédents chapitres

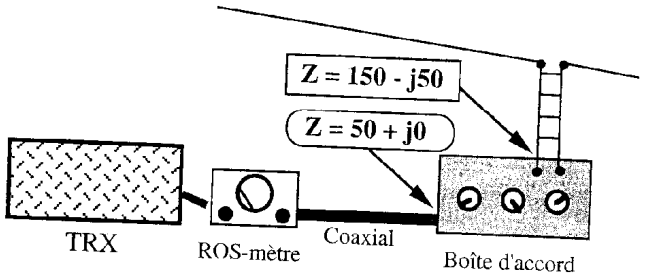


FIG 6-01 : Rôle de la boîte d'accord

Son rôle est double (**Figure n° 6-01**).
La boîte doit, à partir d'une impédance complexe, *variant suivant les bandes et les fréquences de chaque bande*, par exemple, ici **150 - j 50** :

- supprimer la réactance **- j 50** des 50 ohms capacitifs, (indiqués par -j),
- transformer les **150 Ω** réels, en 50 Ω.

Cette transformation s'effectue :

- soit **électriquement** en exploitant les propriétés des associations de circuits en "L",

- soit **magnétiquement** par un rapport approprié des nombres de spires du secondaire et du primaire.

Recherche du compromis d'impédances

Suivant les longueurs filaires de la Lévy et la fréquence de travail, on constate, entre C et D, au pied de la ligne, une impédance spécifique dont la partie résistive a donné lieu à un classement en 3 zones (Rf), (Rm) et (Ré).

Les dimensions filaires étant fixées, la zone dépend alors *uniquement de la bande*.

Pour exploiter les bandes anciennes, volontairement harmoniques, certaines longueurs bien précises permettaient de retrouver une même zone de résistance, sur toutes leurs fréquences.

Par exemple, un brin rayonnant de 2 fois 20,7 mètres, alimenté par une échelle de 23,6 mètres, donnait (Ré) sur toutes les bandes.

Inversement, en prenant les dimensions de la G5RV (brin de 2 fois 15,54 m, alimenté par une échelle de 10,36 m), la résistance entre C et D appartenait toujours à la zone (Rf).

En ajoutant les nouvelles bandes WARC, il n'est plus possible de trouver une zone unique, en utilisant des longueurs de fil raisonnables.

Quel compromis réaliser ?

Comme il est toujours possible d'alimenter une charge d'impédance **donnée**, par un générateur d'impédance **plus faible**, on doit se préoccuper de la zone de résistance la plus faible, donc de (Rf), ou de (Rm), si la première n'est pas sollicitée.

Choix du nombre de spires interceptées entre C et D

Revenons à la figure n° 4-08(a), consacrée à la version fondamentale du Mac Coy.

Le nombre total de spires de L2, entre A et B, dépend de **la bande** et des caractéristiques de **CV2**. Nous l'appelons *N*.

Soit *M*, le nombre des spires comprises entre C et D, qui sera pris pour commencer la recherche expérimentale.

Nous retiendrons :

$M = N / 4$, pour la zone Rf
$M = N / 3$, pour la zone Rm
$M = 3N / 4$, pour la zone Ré

Le nombre *M* obtenu est arrondi à l'unité la plus proche.

Procédés de mise au point

a)- L'oreille

Cette technique est la plus simple et l'oreille peut être associée au S-mètre.

Elle est basée sur le fait que lorsque la fréquence d'un circuit oscillant s'approche de sa fréquence de résonance *Fo*, **l'amplitude** du signal **grandit** et ce, d'autant plus que la **sélectivité** est **grande (Figure n° 6-02)**.

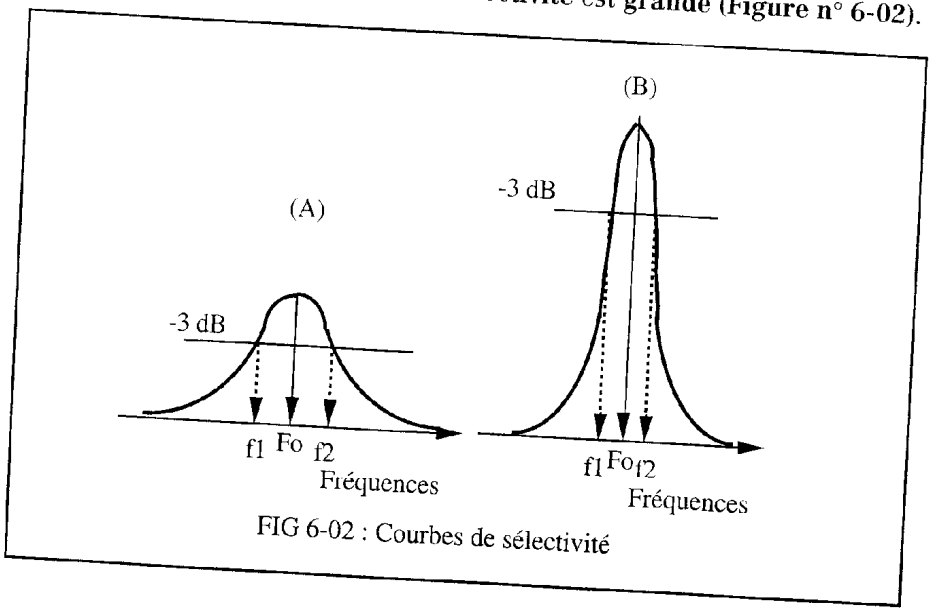


FIG 6-02 : Courbes de sélectivité

Si l'on fixe une fraction de l'amplitude maximale, afin de pouvoir comparer, ici 0,707 (qui correspond à -3 dB), on observe que la différence entre les fréquences *f2* et *f1*, (appelée **bande passante** à -3 dB) est d'autant plus **petite** que la sélectivité est élevée.

Sélectivité et bande passante varient **en sens inverse**.

- Sur le dessin (A), la sélectivité est faible; par exemple Fo = 3 650 kHz, f1 = 3 630 kHz et f2 = 3 670 kHz.
  La bande passante à -3 dB est de 40 kHz. La surtension est médiocre.

- Sur le dessin (B), la sélectivité est élevée; f1 = 3 642 kHz et f2 = 3658 kHz.
  La bande passante à -3 dB est de 16 kHz. La surtension est importante.

Nous trouverons la situation (A) pour le montage à 2 "L" symétriques de la figure n° 4-05, quand l'impédance entre C et D est dans la zone (Rf).

La même boîte donnera, au contraire, la sélectivité (B) lorsque l'impédance sera dans la zone (Ré).

Pour appliquer ce procédé, il faut choisir une fréquence inoccupée, sur une bande où la propagation est mauvaise ou nulle, par exemple la bande des 80 mètres, lorsque le soleil est haut sur l'horizon. C'est à cette heure que nous y trouvons un souffle de bande maximum.

On tourne lentement les axes des CV, en répétant éventuellement plusieurs fois cette exploration. En allant vite, on risque de passer sur *Fo*, sans l'apercevoir, surtout si, pour cette bande, la sélectivité est grande, cas (B).

b)- Le ROS-mètre

Pour éviter de "tuner" sur un QSO, ou de voir l'expérimentation faussée par la mise en route d'un dispositif de protection des transistors du PA qui conduit à une diminution de puissance, le ROS-mètre est à utiliser **en dernier lieu**, après un repérage préalable par un autre procédé.

A ce moment, il permet de construire un abaque et de mesurer la sélectivité sur *Fo*.

Une boîte d'accord est **réellement** mise au point, quand le ROS est de 1/1 sur ***n'importe quelle fréquence de n'importe quelle bande***.

c)- Le pont d'impédance simplifié

Cet outil, de construction facile, permet de mettre au point une antenne Lévy, en toute tranquillité, puisque tout se passe **en réception.**

Les petits ponts, vendus dans le commerce, peuvent également servir, à condition de bloquer leur bouton des résistances sur l'indication 50 Ω, et celui des réactances sur la capacité 0 pF, pour que ces valeurs ne varient pas pendant l'expérimentation.

Quel est le rôle d'un pont d'impédance, branché entre la sortie du TRX et l'entrée de la boîte ?

uniquement de nous faire savoir *pour quelles valeurs des éléments réactifs de la boîte (nombre de spires, capacités des CV),* l'ensemble (Boîte + Ligne + Brin rayonnant) **présente une résistance de 50 Ω.**

Il n'y a pas lieu qu'il indique plus ou moins justement une résistance et une réactance, valeurs qui nécessiteraient, après chaque mesure, un traitement par l'abaque de Smith ou par ordinateur.

Principe (Figure n° 6-03)

Dans le cadre, à gauche du schéma, est le générateur de **bruit blanc.**

Ce terme désigne une émission sur un **très large spectre** qui, de ce fait, couvre largement toutes les fréquences décamétriques, auxquelles nous nous intéressons.

L'origine de ce bruit blanc est la liaison anode-cathode d'une diode Zener (ici, la diode DZ), ou la liaison émetteur-base d'un transistor.

Il est très gênant dans la plupart des autres montages, et l'on tente de l'affaiblir par un condensateur de découplage aux bornes de la diode.

Ici, au contraire, ce bruit est **récupéré** puis très **amplifié** par deux transistors à grand gain T1 et T2.

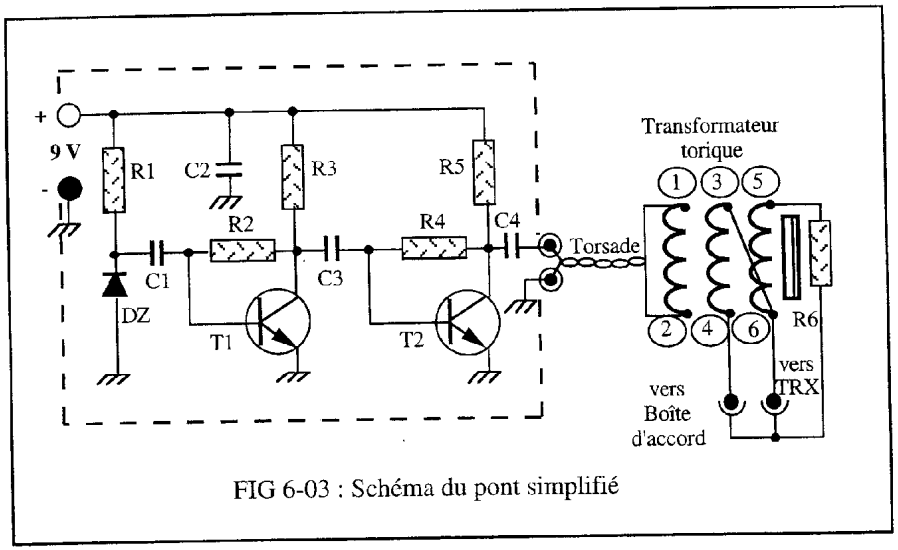


FIG 6-03 : Schéma du pont simplifié

Par deux fils de faible diamètre, torsadés pour donner une faible impédance à la ligne qu'ils constituent, le courant du bruit blanc est transmis au primaire, entre (1) et (2), d'un transformateur sur tore de ferrite.

Ce primaire induit deux secondaires en série, (4)-(3) et (6)-(5).

Entre la masse et le point milieu (3 ou 6), est connecté le TRX, qui se trouve ainsi placé dans la **diagonale** d'un pont.

Aux deux autres extrémités opposées du pont, on trouve, respectivement, en (4) l'impédance de la Lévy, en (5) une résistance R6, de 50 ohms.

Quand l'entrée de la boîte d'accord (donc l'ensemble Boîte + Ligne + Brin) présente une résistance de 50 Ω, le pont est en équilibre et **aucun courant** n'en parcourt la diagonale.

Le TRX qui soufflait jusqu'ici, devient **silencieux**, le S-mètre vient en butée à gauche. Le réglage est trouvé.

Construction du pont

Caractéristiques des éléments

Transformateur torique :

Trois fils en main - 8 spires en fil émaillé de diamètre 0,4 mm sur tore Amidon FT 37-43 ou équivalent µi = 850

Transistors :

T1 et T2 : 2N 2222A ou équivalent

Diode Zener :

Choisir la plus bruyante, parmi celles d'une puissance de 400 ou 500 mW, qui ont une tension Zener de 5,6 V, 6,2 V ou 6,8 V.

Condensateurs et résistances :

C1 = C2 = C3 = C4 : 10 nF céramique

R1 = 1 kΩ R2 = 22 kΩ R3 = 1 200 Ω
R4 = 10 kΩ R5 = 680 Ω
R6 = 50 Ω . Cette valeur n'est pas standard, choisir une 51 Ω "faible".

Toutes les résistances ont une puissance de 1/4 watt.

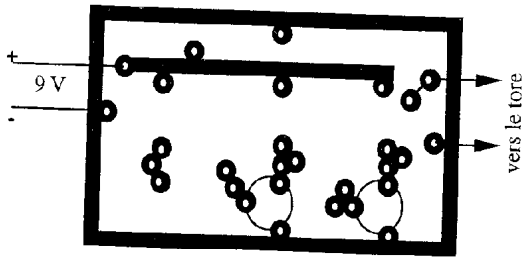


FIG 6-04 : Circuit imprimé du générateur de bruit, vu côté cuivre

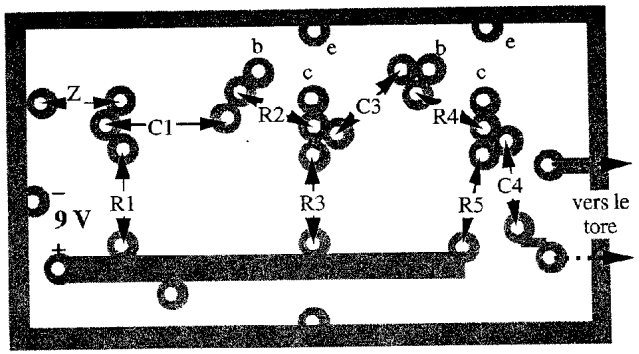


FIG 6-05 : Disposition des éléments

La **figure n° 6-04** montre un circuit imprimé, côté cuivre. La **figure n° 6-05** indique l'implantation correspondante des éléments sur la face non cuivrée.

La masse du générateur de bruit, dont le circuit est blindé, doit être indépendante de celle du pont.

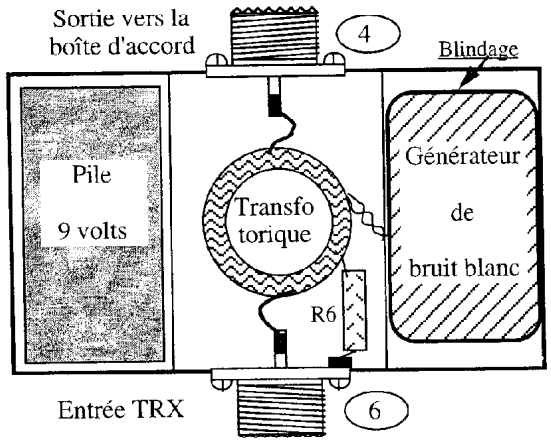
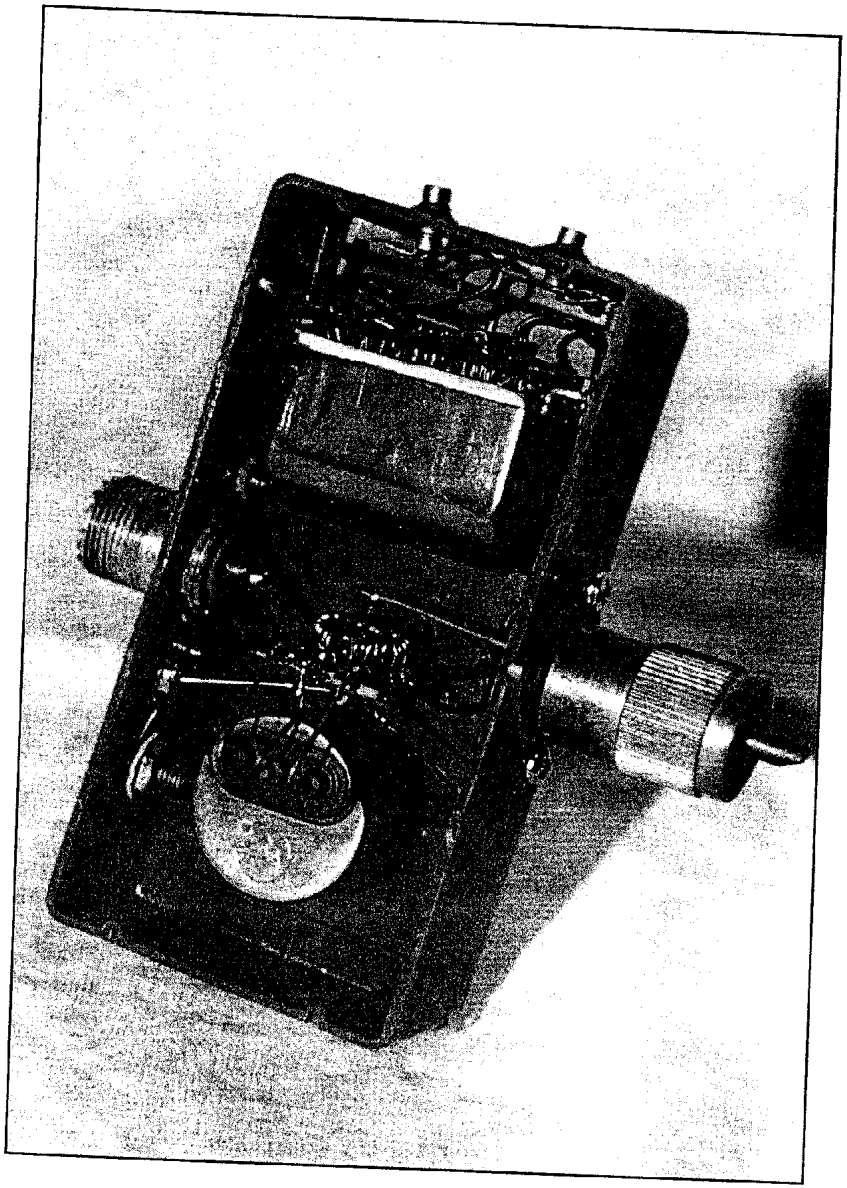


FIG 6-06 : Disposition à l'intérieur du pont simplifié



Pont d'impédance simplifié

La **figure n° 6-06** est celle d'une disposition possible de l'ensemble du pont, dans un coffret qui peut ne pas être métallique.

Son entrée et sa sortie sont des SO 239. Dans le cas d'un coffret en matière plastique, les masses des 2 fiches SO sont reliées par un fil qui se termine, à ses 2 extrémités, par une cosse à souder prise sous un des 4 écrous de fixation.

Une pile rectangulaire de 9 volts alimente le générateur de bruit.

d)- Le grid-dip associé à un fréquencemètre

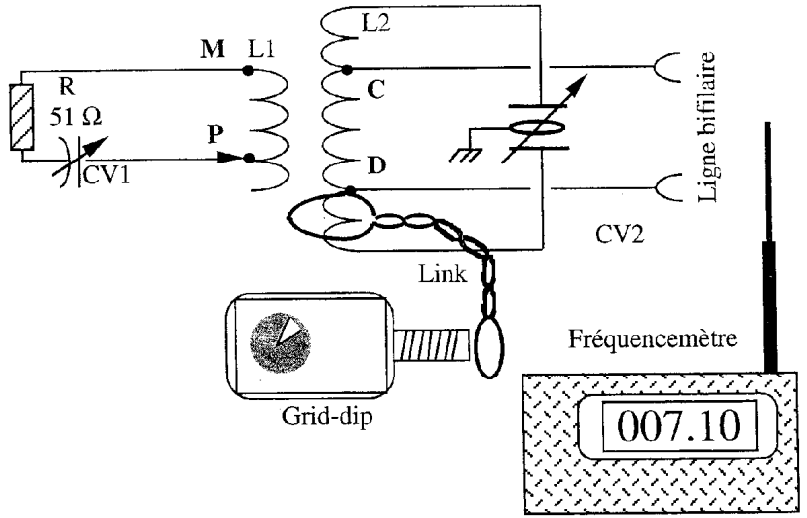


FIG 6-07 : Mesure de la fréquence de résonance

Le grid-dip a longtemps souffert de l'imprécision de la graduation de son CV. Effectivement, un grid-dip seul peut difficilement nous aider dans notre recherche de la résonance de la Lévy, sur une bande donnée.

Comme, pour cette expérimentation, il doit fonctionner **en émission**. Un **fréquencemètre**, dans son voisinage, va le capter et afficher une fréquence extrêmement précise **(Figure n° 6-07)**.

L'association (Grid-dip + Fréquencemètre) constitue un instrument remarquable. Cependant, deux précautions sont à prendre :

- utiliser, entre la bobine du grid-dip et celle du circuit oscillant de la boîte d'accord, un *link* , couplage à basse impédance réalisé par une torsade terminée, à chacune de ses extrémités, par une boucle à **une seule spire**.

- remplacer la résistance interne du générateur, le TRX, par une résistance non inductive de 50 Ω environ.

Mise au point d'une boîte d'accord à transfert magnétique

1)- Situations typiques et diagnostics

- CV2 est complètement ouvert :

Dans la formule de Thomson, au dénominateur, sous un radical, se trouve le produit **LC**.

La capacité C résulte de la capacité de CV2 et de la réactance apportée par la partie filaire de la Lévy.

Si cette réactance est d'origine capacitive, elle est assimilable à un condensateur fictif en parallèle sur la totalité ou sur une partie de L2. La capacité de CV2 en sera diminuée d'autant, jusqu'à parvenir, éventuellement, à sa capacité résiduelle.

Cette situation, qui provient de la longueur filaire de la Lévy, n'est pas modifiable. On va alors agir sur la fréquence de résonance en diminuant **L**, dans le produit **LC**.

Ainsi, dans l'expérimentation, CV2 complètement ouvert conduit à **réduire** le nombre de spires entre les bornes de CV2.

De même, CV1 complètement ouvert conduit à réduire le nombre de spires actives sur L1.

A cause du couplage mutuel, les modifications interfèrent et il y a lieu d'agir alternativement sur le secondaire, puis sur le primaire, et ainsi de suite...

- CV2 est complètement fermé

Par un raisonnement semblable au précédent, CV2 entièrement fermé ndique un produit **LC** insuffisant, pour atteindre la fréquence de ésonance.
Dans ce cas, il faut **augmenter** le nombre de spires, entre les bornes de :V2.

Même traitement pour le primaire, ou la partie primaire d'un montage utotransformateur, lorsque CV1 est complètement fermé.

2)- Ordre des opérations de mise au point

Pendant la durée de ces manipulations, aucune connexion n'est soudée, parce que non définitive.
Des pinces crocodile de petite taille ou des trombones de bureau, en 'er, soudés à l'extrémité de fils souples, assurent provisoirement ces connexions.

a)- On commence par rechercher la résonance sur 3,5 MHz, fréquence la plus basse des bandes décamétriques.

Le point **P** est connecté à l'extrémité de L1 opposée à **M**. La longueur le ce fil n'est pas critique, l'impédance du circuit, par rapport à la masse, est faible.

- CV1 est à moitié ouvert.

- Sur L2, les points C et D sont placés d'après les 2 estimations successives des zones résistives Rf, Rm et Ré : **estimation de l'impédance** au centre du dipôle, puis **estimation de la transformation** que va lui faire subir la ligne bifilaire.

C'est l'estimation générale, applicable à toutes les bandes, qui doit être consultée pour trouver le rapport de spires $n_{(CD)} / n_{(L2)}$, et non celle de la seule bande des 80 m.

- CV2 est totalement fermé.

Par un des procédés ci-dessus exposés, on détermine, en déplaçant, sur L2, d'une façon symétrique, les bornes de CV2, le nombre total de spires de L2.

Ne pas couper, à ce stade, les spires **en surnombre** aux deux extrémités de la self.

b)- On recherche maintenant l'adaptation sur 3,5 MHz.

Il s'agit de trouver le nombre de spires actives de L1 et la capacité de CV1 nécessaires pour que la boîte d'accord présente au TRX, une impédance de 50 Ω, sans réactance.

Pour cette recherche, on utilise le ROS-mètre sur l'émission d'un "tune" à **faible** puissance.
Le ROS-mètre est sur la position *"Reverse"*.

Le set sur *"FORWARD"* est inutile. Notre but n'est pas de **mesurer** le ROS, mais simplement de savoir quels réglages des éléments de la boîte font que l'aiguille ne décolle plus de **1/1**.

c)- On vérifie maintenant la résonance et l'adaptation sur 3,8 MHz.

Elles doivent être trouvées sans modification des nombres de spires, **uniquement** par variation des capacités de CV2 et CV1.

S'il en est ainsi, on passe sur 7 MHz, pour les recherches sur la bande des 40 m.

En cas d'insuccès, on reprend le cycle d'expérimentation, en augmentant d'une spire la partie de L2 interceptée par CV2, qui va demander alors à être plus ouvert.

Si le montage est autotransformateur (Figure n° 4-09), la symétrie par rapport au centre M de la self oblige à ajouter une spire *à chaque extrémité* de la partie active de L2.

ATTENTION !
Le bobinage torique du pont d'impédance part en fumée si, malencontreusement, il reste en série lors du passage en émission.

Pour éviter aux OM, qui utilisent ce procédé, d'avoir à le brancher puis à le débrancher un grand nombre de fois, il est préférable :

- d'enlever la fiche micro, quand elle porte l'activation du push-to-talk; un mauvais réflexe est toujours à craindre !

- de procéder, avec le pont, à **toutes** les expérimentations nécessaires sur une même bande, et notamment aux deux fréquences limites, avant de l'enlever du circuit pour pouvoir émettre.

On reprend les mêmes recherches en passant d'une bande à celle immédiatement supérieure en fréquence. Ne pas faire d'impasse.

Nous avons vu dans un chapitre précédent qu'une même Lévy peut présenter une réactance capacitive sur une bande, puis inductive sur la bande suivante.

Cela conduit quelquefois à des situations qui semblent défier la formule de Thomson avec, par exemple, plus de spires et/ou plus de capacité sur 40 m que sur 80 mètres.

Pour retrouver le sommeil, l'OM doit se souvenir des résultats de **l'association en parallèle** de 2 capacités (elles s'additionnent), puis de 2 selfs (même loi d'association que les résistances, qui conduit à une self équivalente d'une inductance inférieure).

Modifications de la position des points C et D

Si, sur une ou plusieurs bandes, après répétition des démarches préconisées ci-dessus, on ne trouve pas l'accord de la boîte, il faut déplacer les points C et D.

Cette solution est *celle du dernier recours* et doit rester exceptionnelle, car elle impose de reprendre à zéro toute l'expérimentation. On peut, préalablement, tenter une nouvelle position pour le point P.

Si rien n'est possible, prendre entre C et D, **une spire de moins**.
Les points C et D doivent rester à un même nombre, *même décimal*, de spires, des extrémités de L2 (par exemple, *8 spires et demie*).

Lorsque, sur chaque fréquence de chaque bande, un ROS de 1/1 peut être obtenu, l'expérimentation est terminée. Une bonne soudure va remplacer chaque connexion mobile.

Soudure sur la spire d'une self

Afin d'éviter que de la soudure soit portée sur les spires voisines, la spire concernée est isolée par un rectangle de carton (**Figure n° 6-08**).

Ce rectangle est plié en deux suivant une médiane, mais, pour qu'il soit plus aisé de le glisser entre les spires, une partie rectangulaire d'une des faces du dièdre, est coupée aux ciseaux, parallèlement à la pliure.

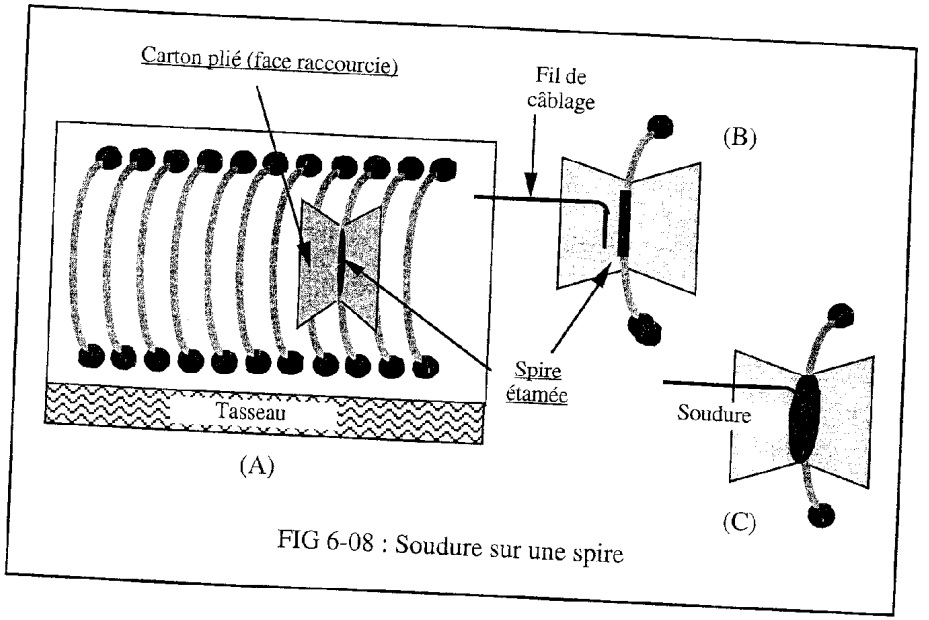


FIG 6-08 : Soudure sur une spire

Ce carton est enfoncé dans le bobinage, en le tenant par la face la plus longue. Dès que l'autre face ne frotte plus contre la spire à souder, on la guide afin de pouvoir l'extraire.
La surface de la spire qui doit porter la soudure se trouve alors isolée près de la pliure.

Avec un fer bien chaud, cette surface est étamée, ainsi que l'extrémité du fil de câblage, coudé pour exécuter une soudure tangentielle.
Comme on le voit, ce fil en cuivre nu, de 1,50 mm² de section, ne fait pas le tour de la spire. La soudure est à **l'extérieur** de la surface cylindrique de la bobine.

Cas particulier : Deux possibilités pour une même fréquence

Il peut arriver que deux possibilités expérimentales conduisent à un ROS de 1/1, sur une même fréquence.

Il y a lieu de choisir la plus sélective, c'est-à-dire celle qui donne à l'antenne la plus faible bande passante.
Pour cela, sans changer les réglages qui donnent 1/1, on fait QSY, avec chacune des possibilités, jusqu'à obtenir un ROS de 1,5 /1 ou 2/1 (Attention de ne pas provoquer la mise en route des protections automatiques du PA).

On choisit celle pour laquelle le ROS croît le plus rapidement, (avec un minimum de kHz pour le QSY si un plafond a été fixé pour la valeur du ROS.

Rédaction d'un abaque

Il est intéressant de repérer **une fois pour toutes** les positions des boutons de CV1 et CV2 qui correspondent à une fréquence donnée.

Pour cela, les boutons portent un repère et tournent devant un **cadran gradué**. La graduation est quelconque, il lui suffit d'être régulière et bien visible !

Comme un CV n'effectue qu'un demi-tour, un rapporteur d'écolier devient cadran de CV, quand il est collé sur le panneau frontal de la boîte. Bien veiller à faire coïncider le centre du rapporteur et celui de l'axe du CV.

Lors d'un changement de bande, il n'est plus nécessaire de "tuner" pour régler les CV de la boîte. Un coup d'oeil sur l'abaque est suffisant.

La **figure n° 6-09** propose un exemple d'abaque.

Pour chaque bande, une échelle porte les fréquences. Au-dessous figurent les valeurs lues respectivement sur les cadrans de CV1 et de CV2.

Quand, venant d'une autre bande, un QSY est nécessaire sur 3 650 kHz, il va suffire de placer le bouton de CV1 sur 19 et celui de CV2 sur 17.

Bande	Drive	Repérage												
80 m	2,5		3,5				3,6				3,7			3,8
		CV1	3	5	8	11	14	16	19	21	24	27	32	35	38
		CV2	29	27	25	23	21	19	17	15	12	9	6	3	1
40 m	3,5		7		7,02		7,04		7,06		7,08		7,1		
		CV1	39		38		37		36		35		34		
		CV2	51		51		51		52		52		52		

FIG 6-09 : Exemple d'abaque

Les chiffres contenus dans cet abaque sont quelconques, mais ils respectent, par leur évolution lorsque l'on monte ou descend en fréquence, une progression lue sur un abaque réel.

On peut ajouter d'autres renseignements, comme le réglage de l'ALC, donné par la position, sur le TRX, du bouton "Drive".

Les réglages qui donnent un ROS strictement de 1/1 varient légèrement par temps de pluie.

La cause en est peut-être la modification des caractéristiques de la partie filaire et/ou, plus sûrement, la variation du niveau, dans la terre, du plan de sol électrique.

Les puristes pourront alors parfaire les réglages en faisant varier très légèrement la capacité de CV2.

Mesures annexes

1)- La mesure du courant de terre

Un courant existe lorsque deux points, sur son parcours, ne se trouvent pas à un même potentiel électrique.

Le centre d'une Lévy est le plus souvent au potentiel de la masse de la boîte d'accord , par l'intermédiaire des lames mobiles (et de la carcasse) d'un CV double-cage, ou du point-milieu d'une bobine ou d'un balun.

Cette masse devient celle du TRX à cause du blindage du câble coaxial qui les relie.

Si l'équilibre existe entre les parties filaires de l'antenne et leurs images dans le sol, cette masse est au même potentiel que la terre; aucun courant ne circule dans un fil connectant la masse et la terre.

Au contraire, si les potentiels sont différents, un courant HF va exister dans ce fil, qui devient, de par ce fait, un morceau rayonnant de l'antenne, bien placé pour induire les fils du secteur, du téléphone, des éléments de la périphérie du micro, etc...

La mise en évidence du courant de terre est facile. Il suffit d'insérer une ampoule de cadran entre une bonne prise de terre et la masse de la boîte d'accord.

Comme, en BLU, le PA ne délivre aucune puissance en l'absence de modulation, il faut observer un éventuel rougissement du filament de l'ampoule pendant un long trait de CW ou un efficace coup de sifflet, devant le micro.

On peut tolérer un léger éclairement de l'ampoule pendant le fonctionnement d'un aérien alimenté par un câble coaxial.

Ce ne peut être le cas pour la Lévy qui est **l'antenne la plus symétrique** quant à son rayonnement et, ainsi, la plus recherchée pour lutter contre les incompatibilités électromagnétiques.

2)- Le contrôle des courants, dans l'échelle

Il y a de nombreuses années, les OM, qui utilisaient des lignes bifilaires pour alimenter leur Lévy ou Zeppelin, plaçaient à la sortie du coupleur d'antenne, en série dans chacun des fils, un ampèremètre thermique.

Les 2 appareils devaient indiquer, sur la porteuse AM, une même intensité.

On ne trouve plus ces ampèremètres, qui étaient quelque peu gourmands de courant HF. La **figure n° 6-10** montre le dispositif qui permet de les remplacer.

Les points A1 et A2 se trouvent **à un même niveau**, sur la ligne bifilaire. Il en est de même pour B1 et B2.

Les 2 fils de la ligne décrivent un demi-cercle de 20 cm environ de diamètre. Un grand baril de poudre à laver peut servir pour la mise en forme.

Les diamètres A1-B1 et A2-B2, en fils plus fins, portent, au centre, une ampoule de cadran 3,5 V (50 mA ou 100 mA).

Nous avons vu que toute ligne bifilaire est le siège d'un courant de régime stationnaire, si bien qu'il existe une différence de potentiel entre A1 et B1 d'une part, et A2 et B2 d'autre part, qui cause les éclairements respectifs des ampoules V1 et V2.

$$\text{Quand } U_{(A1 - B1)} = U_{(A2 - B2)},$$

les intensités lumineuses de V1 et de V2 **paraissent égales**, les intensités électriques instantanées sont opposées (*au sens algébrique* : même nombre d'ampères, mais de sens contraires).

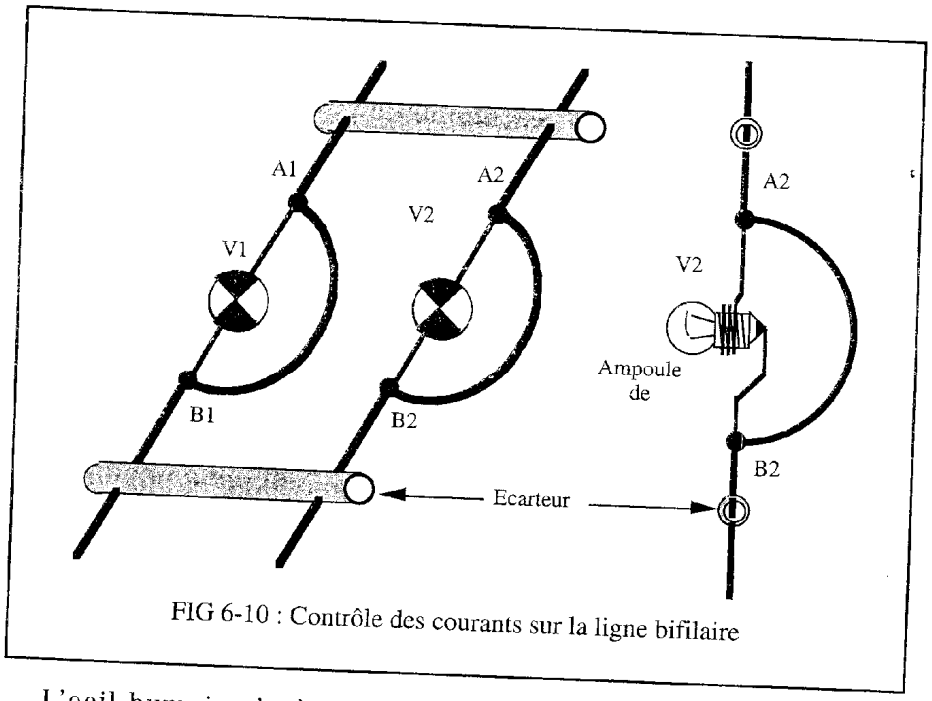


FIG 6-10 : Contrôle des courants sur la ligne bifilaire

L'oeil humain s'avère être un juge précis, surtout lorsque les rougissements des ampoules sont faibles.

Comme, dans 95% des cas, un déséquilibre provient **de la boîte d'accord**, alors que l'on accuse plus volontiers la partie filaire de la Lévy, ce montage très simple et qui peut être laissé à demeure sur la ligne, vu sa faible consommation, indique la nécessité de revoir l'équilibre électrique interne de la boîte.

Il faut noter que :

- dans des cas *rarissimes*, V1 et V2 restent éteintes, sur une bande. Il faut, pour cela, que V1 (ou V2) soit rigoureusement des ventres de tension. Alors A1 et B1 (ou A2 et B2) sont à un même potentiel et aucun courant ne parcourt A1-B1 (ou A2-B2).

- les intensités lumineuses dépendent de la bande, faibles sur celle des 80m, de plus en plus grandes au fur et à mesure que la fréquence s'élève.
Ceci s'explique par le fait que la distance, sur chaque fil, entre un noeud et un ventre de tension (ou d'intensité) diminue proportionnellement à la longueur d'onde.

CHAPITRE 7

Antennes Lévy particulières

L'Extended Double Zepp

Les Anglo-Saxons appellent "Double Zepp" notre Lévy qui, effectivement, devient une double Zeppelin si, à une Zeppelin ordinaire, on ajoute un second brin rayonnant.

Nous pouvons traduire "Extended Double Zepp" par "Lévy allongée".

1)- Principe

Disposons, côte à côte, deux **demi-ondes** alimentées en phase, c'est-à-dire alimentées de telle façon que les courants *instantanés* aillent dans le même sens; on dit aussi "demi-ondes **colinéaires**".

Les champs électromagnétiques générés par chacune s'additionnent alors, ce qui apporte un gain dans une direction perpendiculaire à l'axe de leurs brins rayonnants.

La **figure n° 7-01** montre l'évolution de ce gain, en fonction de la distance E.

On voit que le maximum est obtenu pour environ $E = \lambda / 2$.

Une telle distance ne permet évidemment pas une alimentation par ligne bifilaire. Par contre, en monobande, une alimentation par 2 câbles coaxiaux seraient possibles; mais ce n'est pas dans le cadre de cet ouvrage !

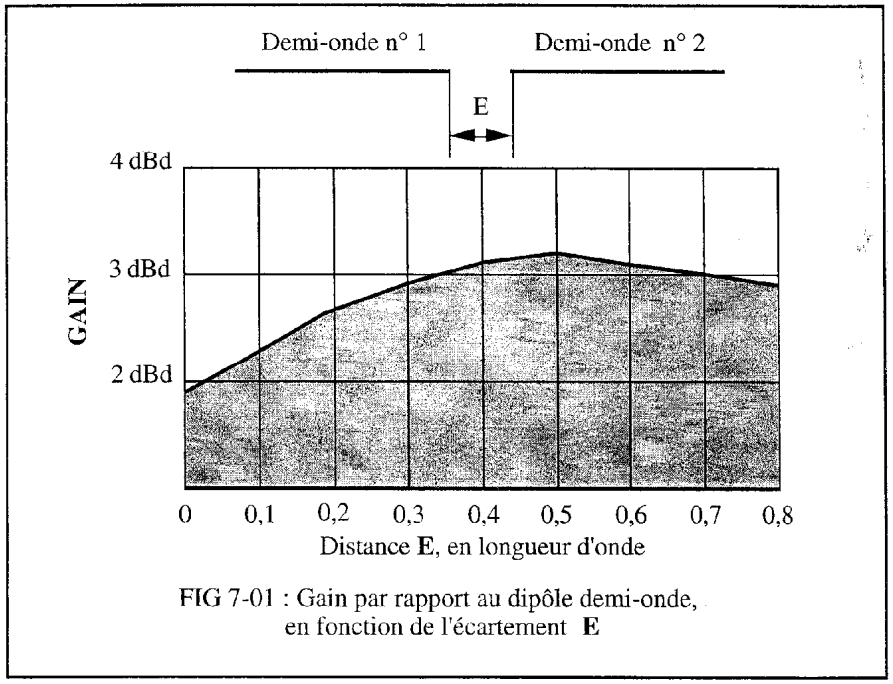


FIG 7-01 : Gain par rapport au dipôle demi-onde, en fonction de l'écartement **E**

Comment tirer un gain maximum de la colinéarité d'une Lévy, avec une distance **E** *égale à la largeur de la ligne bifilaire ?*

2)- Description

Les Américains ont établi, vraisemblablement par la méthode expérimentale, que ce gain maximal se produit en éloignant les deux demi-ondes en phase de **0,28** λ.

Adjacentes, 2 demi-ondes en phase gagnent 1,9 dBd (puissance du dipôle λ / 2 multipliée par 1,55), comme on peut le lire sur la figure.

Séparées par 0,28 λ, environ, le gain atteint près de 3 dB*d*, (**dB*d*** = par rapport à un *dipôle demi-onde*).

Pour la bande qui doit être ainsi avantagée, chaque demi-brin va mesurer électriquement :

$$0{,}50\,\lambda + (0{,}28 / 2)\,\lambda = \mathbf{0{,}64}\ \lambda$$

Par exemple, sur 7,05 MHz, en prenant un facteur de raccourcissement (ou de vélocité) du fil égal à 0,95, une Extended Double Zepp aura, (en négligeant la largeur CD de la ligne bifilaire), une longueur totale pour son brin rayonnant de :

$$(300 / 7{,}05) \times 0{,}64 \times 2 \times 0{,}95 = \mathbf{51{,}74\ mètres}$$

soit 2 fois **25,90 mètres**, environ. Ce qui n'est pas une longueur exagérée.

Sur les autres bandes, l'aérien se comporte comme une Lévy ordinaire, mais elle est remarquable sur la bande des 80 m, à cause de son envergure.

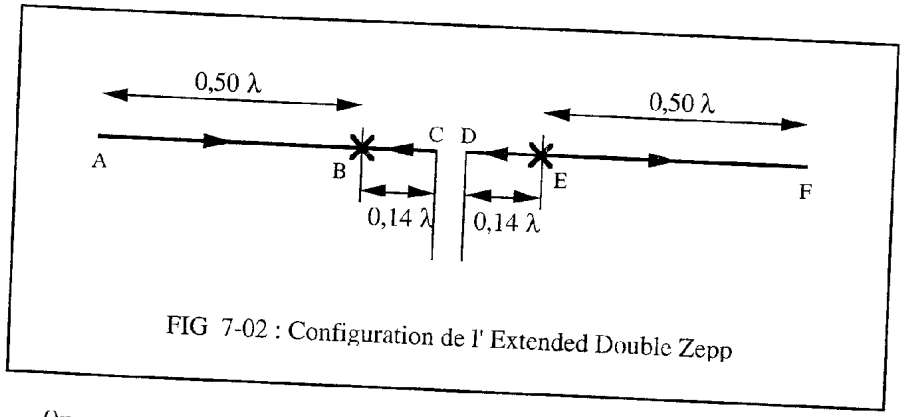


FIG 7-02 : Configuration de l' Extended Double Zepp

On remarquera pourtant, **figure n° 7-02**, que, sur chaque demi-brin, les courants **instantanés**, dont le sens est indiqué par une flèche, **s'inversent** en **B** et en **E**, à :

$$0{,}64\,\lambda - 0{,}50\,\lambda = 0{,}14\,\lambda$$ de l'isolateur central CD.

Malgré cela, le gain est voisin de 3 dB par rapport au doublet demi-onde !

Le revers de la médaille apparaît sur le diagramme de rayonnement (théorique, en espace libre) (**Figure n° 7-03**), avec une antenne rectiligne, supposée *Ouest-Est*.

Les 0,14 λ sont responsables de l'apparition de petits lobes latéraux, sans grande importance. Mais une importante directivité *Nord-Sud* résulte de la colinéarité.

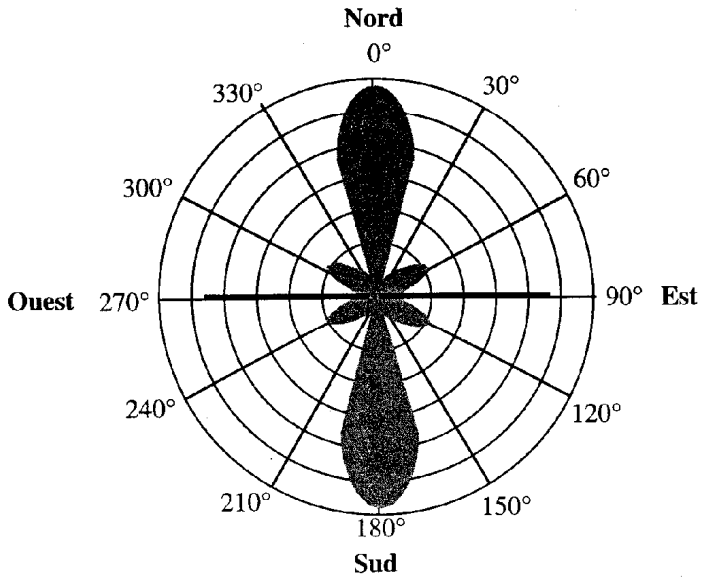


FIG 7-03 : Diagramme de rayonnement horizontal de l'Extended Double Zepp

Pour ceux qui ne désirent pas exploiter cette directivité trop marquée, (qui peut être intéressante pour un trafic régulier avec une station bien précise), la parade a déjà été traitée dans un précédent chapitre.

Il faut plier l'Extended Double Zepp dans un plan horizontal, de façon que les 2 demi-brins de 0,64 λ fassent, entre eux, un angle compris entre 180° et 90°.

L'Extended Double Zepp peut également prendre la configuration de "V" inversé, tout en faisant un angle préconisé ci-dessus.

La W8JK-9HJ

J'ai publié, dans plusieurs revues, une version tout-à-la-masse de la célèbre W8JK de J. Kraus, qui, à l'origine, était monobande et adaptée par 2 tubes parallèles.

Comme ses deux éléments ont une même longueur, ce montage est assimilable, lorsqu'il résonne en *vibration forcée*, à **2 antennes Lévy**, parallèles et alimentées en **opposition de phase**.

Description de la W8JK-9HJ de 7,50 mètres

Cette version tout-à-la-masse couvre toutes les bandes de 10 à 20 mètres, et particulièrement les nouvelles bandes des 12 et 17 mètres, très intéressantes mais peu peuplées, peut-être par manque d'aériens spécifiques.

Caractéristiques techniques

Facteur de forme Ω, du dipôle = 12,5
Le facteur de forme est une expression logarithmique du rapport Longueur du demi-brin / λ.

Coefficient de surtension Q, du dipôle = 6,4

Dimensions (Figure n° 7-04) :

Longueur de chaque élément = 7,50 mètres environ
Diamètre moyen du tube = 30 mm.
Montage télescopique recommandé, avec deux diamètres de tube différents.
Distance MN entre les éléments = de 3 à 4 mètres (*)
Distance des colliers :
NC1 = NC2 = MC3 = MC4 = 1,20 m

Construction de la beam

Les dimensions ci-dessus résultent d'un compromis, compte tenu des différentes bandes à couvrir. Elles sont ainsi données à titre indicatif. Le lecteur peut éventuellement les modifier.

1)- (*) Plus un boom est long, plus l'angle d'ouverture est faible et plus le gain est grand. Ce principe s'applique à toutes les beam, notamment aux Yagi; il existe une longueur de boom optimale qui est fonction du nombre d'éléments.

2)- La direction privilégiée demeure l'axe du boom, jusqu'à ce que la longueur de l'élément dépasse λ / 2.

3)- Cette beam est bidirectionnelle, sa rotation se limite à 180°, au lieu de 360° pour les autres antennes rotatives.

4)- La longueur de 7,50 m, pour chaque élément représente λ / 4 sur la bande des 30 mètres.
Le rendement d'une Lévy baisse très rapidement lorsque son brin est inférieur à λ / 4, On est donc ici à la limite, on peut cependant utiliser la beam sur cette bande.

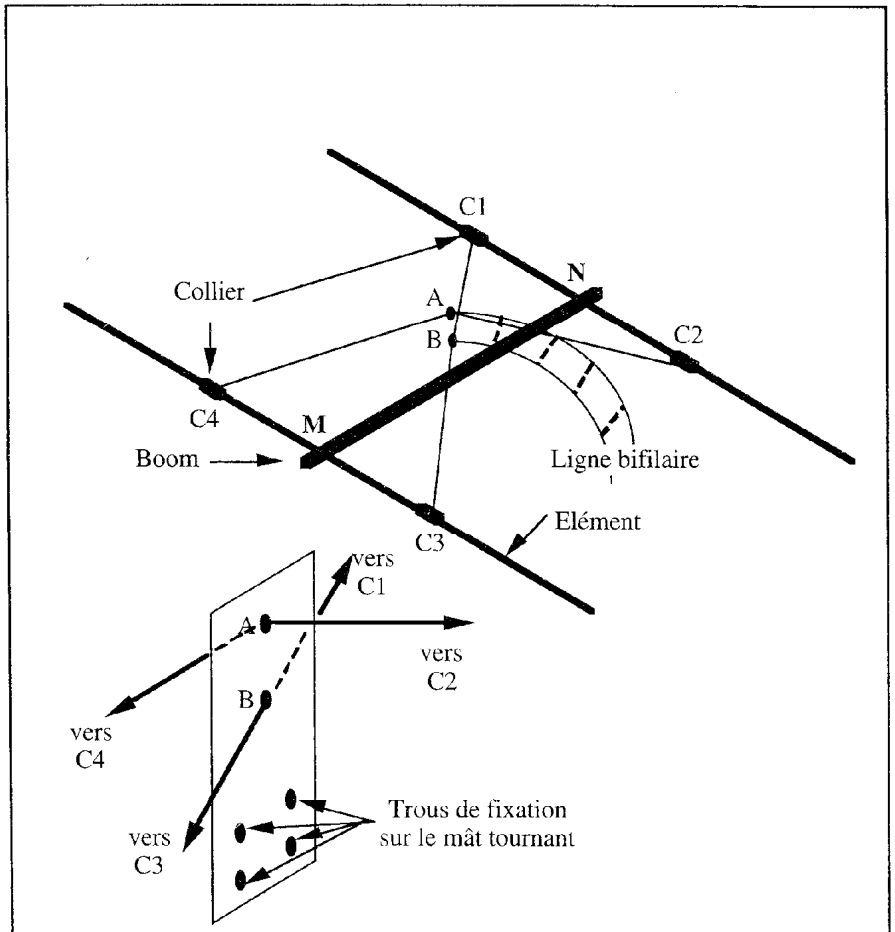


FIG 7- 04 : La W8JK - 9HJ tout-à-la-masse

La construction est rendue très simple par le fait que le milieu de chaque élément est directement fixé sur le boom.

La fixation des tubes se fait par 2 colliers en "U", associés à une plaque métallique rectangulaire.

Ce montage est dessiné sur la **figure n° 7-05**, il y réalise le blocage du boom sur le mât tournant.

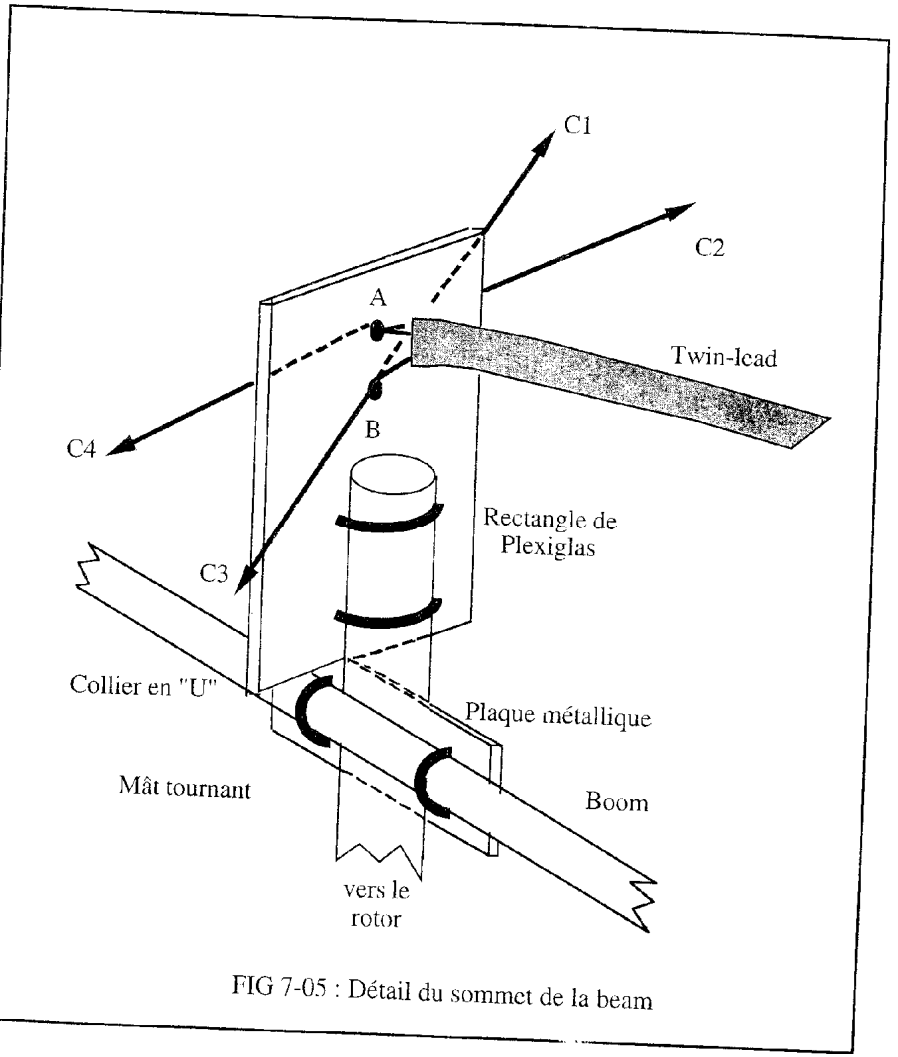


FIG 7-05 : Détail du sommet de la beam

Il est bon, sur chaque filetage du "U", de prévoir une rondelle élastique, un écrou et un contre-écrou.

Pour le boom, une section **carrée** ou **rectangulaire** est préférable à une section ronde. Le "U" est alors remplacé par 2 plaques métalliques, assemblées par 4 boulons.

L'alimentation des 2 éléments se fait à partir d'une plaque épaisse de Plexiglas (réalisée éventuellement par plusieurs plaques de 3 ou 4 mm, collées entre elles), fixée sur le mât. Les points A et B représentent 2 trous prévus pour des boulons de 4 mm de diamètre.

Chaque boulon va serrer 3 cosses à sertir ou à souder. Deux cosses sont superposées du côté du départ de la ligne bifilaire; la troisième est de l'autre côté de la plaque de Plexiglas.

Comme le montre la **figure n° 7-05**, mise à part la cosse réservée à la connexion du twin-lead, les 2 autres cosses du boulon (A) sont les extrémités des lignes A-C2 et A-C4.

Partent de même, du boulon (B), les lignes B-C1 et B-C3.

Ces lignes sont réalisées en fil monobrin 6 mm² (diamètre de 28/10 mm). Elles sont tendues en bandant légèrement les éléments tubulaires.

On peut fixer les fils en C1, C2, C3 et C4, grâce à des colliers Serflex ou à des colliers sanitaires utilisés pour porter une tuyauterie en tubes de cuivre ou de laiton.

Après serrage, ces connexions sont isolées de la pluie et de l'humidité par un vernis adéquat.

Analyse technique

Pour cette beam bien définie (Ω = 12,5 et Q = 6,4), les calculs conduisent au tableau suivant lorsqu'elle est placée en espace libre.

Cette situation est la seule à donner des résultats constants. Dès que l'image réagit sur la partie réelle du dipôle, les résultats décroissent d'autant plus que le brin rayonnant se rapproche du sol.

De ce fait, les valeurs des résistances et des réactances, qui figurent dans ce tableau, peuvent être considérées comme **maximales**.

- TABLEAU -

donnant l'impédance entre A et B, suivant les différentes bandes

BANDES	20 m	17 m	15 m	12 m	CB	10 m
F centrale, en MHz	14,18	18,12	21,23	24,93	27,27	28,85
λ centrale, en m.	21,16	16,56	14,13	12,03	11	10,40
L / λ	0,35	0,45	0,53	0,625	0,68	0,72
RESISTANCE	25 Ω	50 Ω	120 Ω	200 Ω	360 Ω	460 Ω
REACTANCE	-j300 Ω	-j100 Ω	+j125 Ω	+j320 Ω	+j500 Ω	+j520 Ω

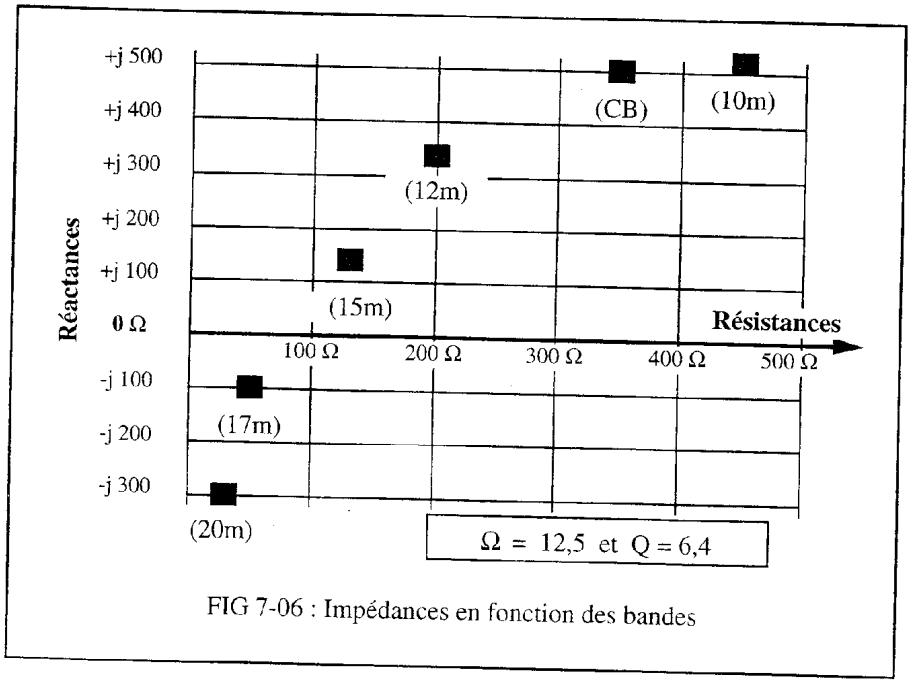


FIG 7-06 : Impédances en fonction des bandes

La **figure n° 7-06** transporte ces données dans le plan cartésien déjà utilisé dans les précédents chapitres, avec les résistances sur l'axe des abscisses et les réactances sur le reste du plan.

Nous voyons combien la résistance est faible sur les bandes des 20, 17 et 15 mètres.

Plutôt que de faire travailler la ligne bifilaire avec un ROS important (ROS de 12 / 1, sur 20m avec un twin-lead 300 Ω), l'alimentation des 2 dipôles est réalisée par une ligne en trapèze, forme de delta-match.

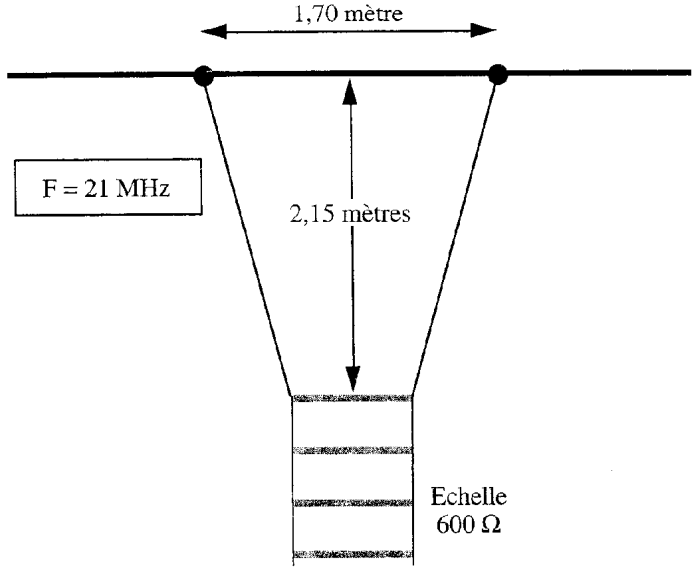


FIG 7-07 : Exemple d'alimentation en delta-match

La **figure n° 7-07** montre un montage ancien, sur un doublet demi-onde pour le 21 MHz.

L'impédance, à sa résonance, serait, *s'il était coupé en son milieu pour être alimenté*, de l'ordre de 50 Ω à 65 Ω, suivant sa hauteur au-dessus du sol (les 72 Ω ne peuvent être obtenus qu'en espace libre).

Le trapèze transforme cette faible résistance en 600 Ω, pour un long transport à faible perte, grâce à une échelle 600 Ω, en vogue à cette époque.

Un procédé semblable est employé pour l'alimentation des 2 éléments de la beam.

Le décalage des points A et B impose une légère différence de quelques cm entre les longueurs des "accents circonflexes" C1-C3 et C2-C4. Son influence est absolument négligeable.

En choisissant de préférence un twin-lead 300 Ω, les boîtes d'accord décrites pour une Lévy ordinaire sont utilisables.

Performances de la W8JK-9HJ

Sa bidirectionnalité conduit à partager son rayonnement entre les 2 sens de la direction du boom; d'où une perte de 3 dB (moitié de la puissance). Mais :

- l'angle d'ouverture vertical est **très fermé**,
- le rapport avant-côté est **considérable**. Pratiquement rien ne part et rien n'arrive dans la direction des pointes.

Son inventeur J. Kraus donne pour gain G :

- sur la bande des 20 m, G = 5,7 dBi, soit G = 3,5 dBd,
- sur la bande des 15 m, G = 6,7 dBi, soit G = 4,5 dBd,
- sur la bande des 10 m, G = 7,7 dBi, soit G = 5,5 dBd.

Nota :

dBi = gain par rapport à l'antenne isotrope (antenne fictive utilisée pour les calculs)
dBd = gain par rapport au doublet λ/2 (antenne réelle fondamentale)
Soustraire 2,14 au nombre de dBi, pour convertir ce gain en dBd)

Pour le gain, ses performances sont supérieures à celles d'une Yagi tribande, 2 éléments.

Utilisation

Il y a deux façons d'utiliser, une beam :

a)- comme un amplificateur linéaire, dans un azimut donné. On recherche un **gain maximum** avant-arrière, grâce à un faible *angle d'ouverture* horizontal et vertical, et on oriente l'antenne en direction du correspondant.

b)- pour se protéger d'émissions gênantes, très QRO, provenant d'un autre azimut, (fort heureusement, différent de celui du correspondant).
On oriente alors **les pointes** de la beam *vers l'azimut des stations à affaiblir*, sans se préoccuper de la direction du correspondant.

C'est particulièrement dans ce cas que cette beam est appréciable.

Antennes Lévy verticales ou obliques

Le brin rayonnant de la Lévy est généralement horizontal ou en "V" inversé. C'est la configuration qui permet de développer le plus de fil, compte tenu de la place dont on dispose.

Cette disposition n'est pas obligatoire.

Pour qui utilise une Lévy uniquement **en DX** sur les bandes hautes, rien ne s'oppose à tendre un brin rayonnant **vertical**, (par exemple **2 fois 5 mètres**), à quelques dm d'un poteau en bois. La polarisation est **verticale** avec un très faible angle de tir.

La ligne bifilaire est alors vrillée, si elle doit côtoyer le brin de trop près (**Figure n° 7-08**, dessin 1).

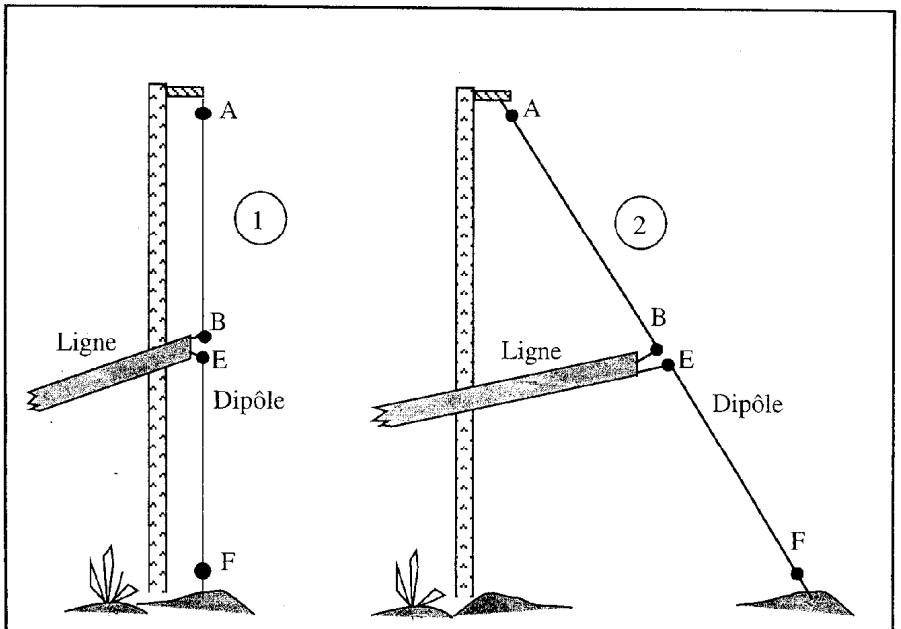


FIG 7-08 : Lévy verticale et oblique

On peut également envisager la Lévy, **en oblique**, ce qui permet d'allonger le brin (dessin 2), tout en conservant une polarisation presque verticale.

L'action de l'image est très réduite quand la Lévy est verticale. Prévoir, de préférence, une alimentation par un twin-lead 300 Ω.

Conclusion

Le chapitre suivant étant réservé aux éléments mathématiques, nous voici au terme de cet exposé sur l'antenne Lévy.

Beaucoup d'OM ont été longtemps déroutés par son fonctionnement pour l'avoir comparé à celui d'une antenne à résonance **naturelle**.

Cette façon de voir n'est pas valable pour 2 aériens, le Long-Fil et la Lévy qui travaillent dans 99% des cas, en vibration **forcée**.

L'assimilation de sa ligne bifilaire à un feeder a compliqué les choses en occultant le rôle de transformateur d'impédance de ce dernier qui, nous l'avons vu, est **très important**.

A la fin de ces sept chapitres, je pense d'abord au lecteur, qui n'a pas jusqu'ici utilisé cet aérien, je voudrais qu'il soit tenté de le construire.

La Lévy est unique et adaptable à souhait aux conditions les plus difficiles :

Quelle autre antenne est susceptible de fonctionner sur la bande des 80 m, avec **moins de 10 mètres** de brin rayonnant ?

Quelle autre antenne peut supprimer, par la symétrie des potentiels de tous ses points par rapport à la terre, les **interférences** avec la TV, le téléphone, la chaîne Hi Fi, etc... ?

Quel autre dipôle peut fonctionner, avec 1/1 de ROS, **sur n'importe quelle fréquence** ?

Je souhaiterais surtout que, pour ce lecteur, disparaisse la hantise de la construction de la boîte d'accord, véritable obstacle, que j'ai souvent senti dans les courriers techniques qui m'étaient adressés.

a)- Tout d'abord essayer une Lévy :

Pour l'OM qui possède un coupleur ordinaire, il faut construire un balun de rapport 1/4. Ce montage est économique et le plus facile à faire, surtout sur un rondin de ferrite.
Ce balun figure souvent d'origine dans beaucoup de coupleurs.

Nous avons vu que les dimensions d'une G5RV conduisaient sur toutes les bandes aux zones Rf ou Rm pour les impédances au bas de la ligne bifilaire.

Il suffit donc d'en réaliser la partie filaire.

b)- Personnaliser sa Lévy :

afin d'utiliser tout l'espace disponible, près du QRA.
Il convient de rappeler que le transfert magnétique le plus facile à mettre au point, est la version autotransfo du Mac Coy 1966, ou la seconde version de ma boîte SA-9HJ.

*Ne jamais oublier qu'une boîte d'accord est **spécifique**. Bien rappeler aux amis que sa copie ne pourra alimenter qu'une partie filaire identique (mêmes dimensions du brin et de la ligne, même configuration, etc...).*

Un coupleur est universel, il est commercialisé. Il fonctionne tel quel, à la sortie de tout RTX.

Une boîte de lévy est uniquement personnelle. La première peut demander plusieurs heures d'expérimentation; la deuxième un peu moins de temps, et ainsi de suite. Et quand on a mis la main dans l'engrenage...

c)- Optimiser sa Lévy :

Une Lévy n'est jamais terminée, car, au fur et à mesure que l'on progresse dans sa connaissance, il est bien naturel de chercher encore à en améliorer les performances. Elle fait vraiment partie du monde de l'émission **amateur.**

Et là, ma pensée va vers quelques OM que je connais, amoureux de cette antenne, et qui ne démentiront pas ces dernières lignes.

Il y a encore beaucoup de choses à expérimenter sur les ondes !

CHAPITRE 8
Eléments mathématiques

Sauf indication contraire, les unités choisies dans ce formulaire sont, pour:

- une **fréquence** : .....le mégahertz (MHz)
  1 MHz = 10^{6} Hz
- une **capacité** : .....le picofarad (pF)
  1 pF = 10^{-12} F
- une **inductance** : .....le microhenry (µH)
  1 µH = 10^{-6} H
- une **longueur d'onde** : .....le mètre (m)
- une **résistance** ou une **réactance** : ..... l'ohm (Ω)
- une **conductance** ou une **susceptance** : .....le siemens (S)

- Tableau des multiples -
caractérisés par le préfixe, le symbole et l'exposant de 10

Préfixe	kilo	méga	giga	tera	peta	exa
Symbole	k	M	G	T	P	E
Exposant de 10	3	6	9	12	15	18

- Tableau des sous-multiples -
caractérisés par le préfixe, le symbole et l'exposant de 10

Préfixe	milli	micro	nano	pico	femto	atto
Symbole	m	µ	n	p	f	a
Exposant de 10	-3	-6	-9	-12	-15	-18

Relations entre les tensions d'un courant sinusoïdal sur une alternance

avec :

U(eff) pour la tension efficace,
U(c) pour la tension-crête
U(moy) la tension moyenne

U(eff) = 0,707 U(c)	U(c) = 1,414 U(eff)
U(moy) = 0,637 U(c)	U(c) = 1,57 U(moy)
U(moy) = 0,9 U(eff)	U(eff) = 1,11 U(moy)

Formules générales

Attention à la convention d'unités !

Longueur d'onde λ et fréquence F

$$\lambda = 300 / F \qquad F = 300 / \lambda$$

Formule de Thomson (forme pratique)

$$L\,C\,F^2 = 25\,330$$

$$L\,C = \frac{25\,330}{F^2} \qquad L = \frac{25\,330}{C\,F^2} \qquad C = \frac{25\,330}{L\,F^2}$$

Réactance X_L d'une self

$$X_L = 2\,\pi\,F\,L$$

$$L = \frac{X_L}{2\,\pi\,F}$$

$$F = \frac{X_L}{2\,\pi\,L}$$

Réactance X_c d'un condensateur

$$Xc = \frac{159\,155}{F\,C} \qquad C = \frac{159\,155}{F\,Xc}$$

Propriété du transformateur (Figure n° 8-01)

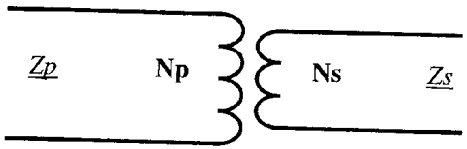


FIG 8-01 : Propriétés du transformateur

avec :

Np le nombre de spires au primaire, Zp l'impédance du primaire
Ns le nombre de spires au secondaire, Zs l'impédance du secondaire

$$\frac{Zs}{Zp} = \left(\frac{Ns}{Np}\right)^2 \qquad \frac{Ns}{Np} = \sqrt{\frac{Zs}{Zp}}$$

Transformation Parallèle / Série (figure n° 8-02)
avec :

Rp la résistance parallèle *Rs la résistance série*
Xp la réactance parallèle *Xs la résistance série*

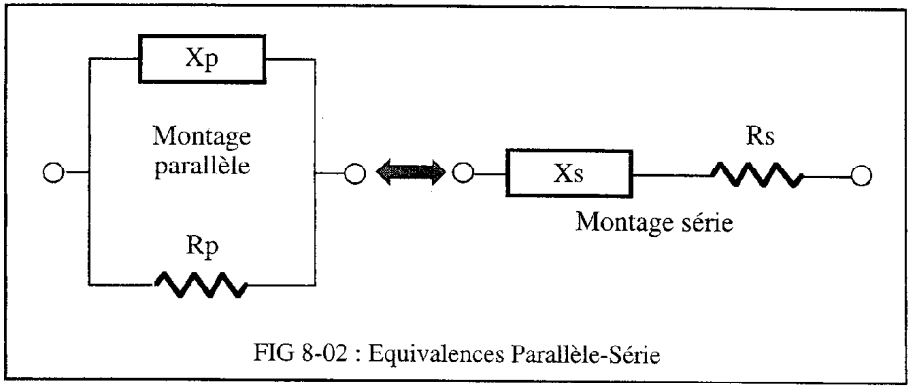


FIG 8-02 : Equivalences Parallèle-Série

$$Rs = \frac{Rp\ Xp^2}{Rp^2 + Xp^2} \qquad Xs = \frac{Xp\ Rp^2}{Rp^2 + Xp^2}$$

Transformation Série / Parallèle (figure n° 8-02)

avec :

Rs la résistance série — *Rp la résistance parallèle*
Xs la résistance série — *Xp la réactance parallèle*

$$Rp = \frac{Rs^2 + Xs^2}{Rs} \qquad Xp = \frac{Rs^2 + Xs^2}{Xs}$$

Relation entre résistance R et conductance G

$$G = 1 / R \qquad R = 1 / G$$

Relation entre réactance X et susceptance B

$$B = -1 / X \qquad X = -1 / B$$

Relation entre impédance Z et admittance Y

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} \qquad Y = \sqrt{G^2 + B^2}$$

Rapport d'ondes stationnaires *s* et coefficient de réflexion ρ

Zc est l'impédance caractéristique de la ligne
Z est l'impédance du brin rayonnant de l'antenne

|..... | indique la valeur absolue

$$s = \frac{|Z + Zc| + |Z - Zc|}{|Z + Zc| - |Z - Zc|}$$

$$|\rho| = (s - 1) / (s + 1)$$

Courant i (x), en un point d'abscisse x, d'une ligne de longueur L

$$i(x) = Io \sin \frac{2\pi (L - x)}{\lambda}$$

Impédance caractéristique Zc d'une ligne

$$Zc = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Impédance caractéristique Zc d'une ligne parallèle au sol

avec :

r le rayon du fil
h la hauteur au-dessus du sol

$$Zc = 138\ log\ (2h / r)$$

log désigne le logarithme décimal

Impédance caractéristique Zc d'une ligne symétrique à 2 fils parallèles

avec :

D la distance entre les axes des 2 fils
r le rayon du fil

$$Zc = 276 \; log \; (D/r)$$

log désigne le logarithme décimal

Rendement R d'une antenne

avec :

Rr la résistance de rayonnement
Rp la résistance ohmique et pelliculaire
Rs la résistance de sol

$$R = Rr / (Rr + Rp + Rs)$$

Impédance caractéristique Zd d'un doublet horizontal

avec :

L la longueur du doublet
d le diamètre du fil

$$Zd = 120 \left(\ln \frac{L}{d} - 1\right)$$

ln désigne le logarithme népérien.

Zd est la résistance vers laquelle tendent celles des résonances et des antirésonances, au centre de la "spirale".

Portée optique d'un aérien

avec :

D la distance en kilomètres
h la hauteur de l'aérien, en mètres

$$D = 4{,}124 \sqrt{h}$$

Formules de Nagaoka

avec :

L l'inductance de la self en µH
d le diamètre de la self en centimètres
a la longueur de la self en centimètres
n le nombre de spires sur une seule couche
(si é désigne le pas du bobinage, en cm, alors a = né)

- Si $(a/d) \geq 0{,}3$

$$L = \frac{0{,}0099\, n^2 d}{\frac{a}{d} + 0{,}46}$$

- Si $0{,}1 \leq (a/d) \leq 0{,}3$

$$L = \frac{0{,}01\, n^2 d}{0{,}375 + 1{,}266 \frac{a}{d}}$$

Circuits en " L " (Figure n° 8-03)

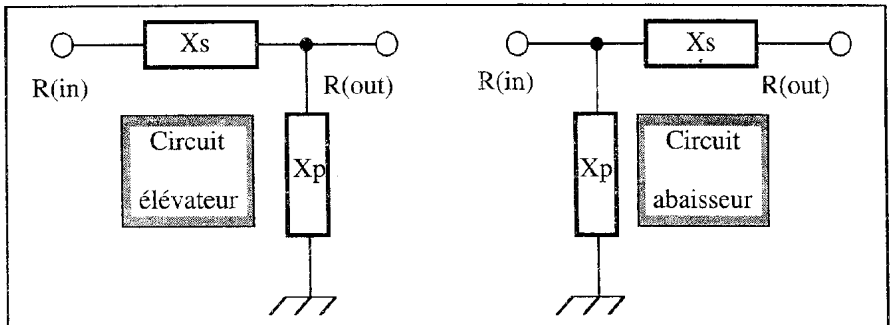


FIG 8-03 : Eléments réactifs dans un circuit en " L"

avec :

R(in) la résistance d'entrée du circuit
R(out) la résistance de sortie du circuit
Xs la réactance en série
Xp la réactance en dérivation

$$Xs\ Xp = R(in)\ R(out)$$

En circuit élévateur :

$$Xp = R(out)\sqrt{\frac{R(in)}{R(out) - R(in)}}$$

$$Xs^2 = Xs\ Xp - R(in)^2$$

En circuit abaisseur :

$$Xs = \sqrt{(R(in)\ R(out) - R(out)^2}$$

En fonction de Q, coefficient de surtension :

$$Xs = Q\ R(out) \qquad Xp = R(in) / Q$$

$$Q = \sqrt{\frac{R(in)}{R(out)} - 1}$$

Transformation d'impédance par une ligne (Figure n° 8-04)

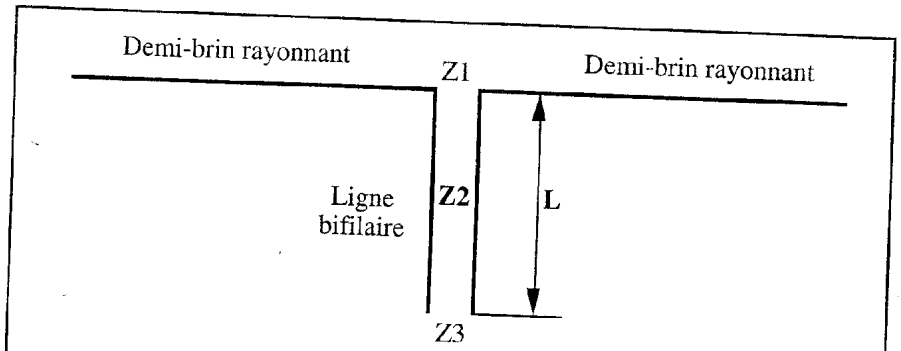


FIG 8-04 : Transformation d'impédance par une ligne bifilaire

avec :

Z1 l'impédance au centre du dipôle
Z2 l'impédance caractéristique de la ligne
Z3 l'impédance au bas de la ligne
L la longueur de la ligne
$\beta = 2\pi / \lambda$

$$Z3 = \frac{Z2\ (Z1 + j\ Z2 \tan \beta L)}{Z2 + j\ Z1 \tan \beta L}$$

Table des matières

CHAPITRE 1

Quelques notions indispensables

- Comportement d'une résistance R, d'un condensateur C, d'une self L, face à un courant alternatif 8
- Le déphasage 11
- Notion d'impédance 12
- Circuits oscillants 17

CHAPITRE 2

Définition, description et fonctionnement de la Lévy

- Le brin rayonnant 21
- La ligne bifilaire 31
- La boîte d'accord 34
- Comment adapter une résistance d'antenne différente de 50Ω ? 36

CHAPITRE 3

Le projet d'antenne Lévy (I)

- Le brin rayonnant -

- Sa longueur 47
- Sa hauteur par rapport au sol 49
- Configurations particulières 59
- Expériences de F3LG 61
- Impédances au centre du brin rayonnant 64
- Transformation par la ligne bifilaire 69
- Détermination de la résistance entre C et D, au bas de la ligne bifilaire 72
- Quelques Lévy, clés en main 77

CHAPITRE 4

Le projet d'antenne Lévy (II)

- Ligne et boîte d'accord -

- A) - L'échelle ("à grenouille") 79
- B) - La boîte d'accord 84

CHAPITRE 5

La construction de l'antenne Lévy

- Construction de la partie filaire 109
- Construction des bobinages 121
- Construction des baluns 132
- Le coffret de la boîte d'accord 143

CHAPITRE 6

Mise au point de la boîte d'accord

- Rappel et procédés 149
- Recherche du compromis d'impédance 150
- Mise au point d'une boîte d'accord à transfert magnétique 159
- Modifications de la position des points C et D 162
- Mesures annexes 165

CHAPITRE 7

Antennes Lévy particulières

- L'extended Double Zepp 169
- La W8JK - 9HJ 172
- Antennes Lévy verticales ou obliques 180
- Conclusion 181

CHAPITRE 8

Eléments mathématiques 183